

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS ANTONIO ROSSETIM

**COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO E APLICAÇÃO DE TROCADORES DE
CALOR DE TUBOS ELÍPTICOS ALETADOS, OTIMIZADOS GLOBALMENTE,
EMPREGADOS EM SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO**

**CURITIBA
2011**

MARCOS ANTONIO ROSSETIM

**COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO E APLICAÇÃO DE TROCADORES DE
CALOR DE TUBOS ELÍPTICOS ALETADOS, OTIMIZADOS GLOBALMENTE,
EMPREGADOS EM SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito para obter o título de Mestre em Engenharia Mecânica do curso de mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, na área de concentração Fenômenos de Transporte e Mecânica dos Sólidos.

Orientador: Prof. Dr. Rudmar Serafim Matos

CURITIBA

2011

Rossetim, Marcos Antonio

Comparação de desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos elípticos aletados otimizados globalmente, empregados em sistemas de climatização / Marcos Antonio Rossetim. – Curitiba, 2011.

149 f. : il.; graf., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Rudmar Serafim Matos

1. Ar condicionado - Calor - Transmissão. I. Matos, Rudmar Serafim. II. Título.

CDD 621.4022

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS ANTONIO ROSSETIM

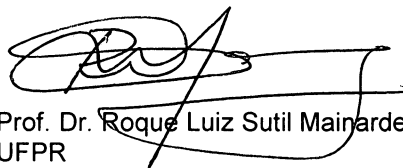
COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO E APLICAÇÃO DE TROCADORES DE CALOR
DE TUBOS ELÍPTICOS ALETADOS, OTIMIZADOS GLOBALMENTE,
EMPREGADOS EM SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Mecânica, área de concentração Fenômenos de Transporte e Mecânica dos Sólidos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Jeferson Avila Souza
FURG



Prof. Dr. Roque Luiz Sutil Mainardes
UFPR



Prof. Dr. Rudmar Serafim Matos
UFPR/PG-Mec
Presidente

Curitiba, 08 de agosto de 2011.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por todas as oportunidades, conhecimentos, paciência e força de vontade necessária a mais esta conquista.

À minha família – pai (Altair), mãe (Lindamir) e irmão (André); que sempre estiveram presentes contribuindo com idéias, apoiando em tudo o que se fez necessário, mantendo-me confiante e certo do sucesso de toda a empreitada.

À minha esposa e filha (Eliana e Beatriz) que passaram a fazer parte integrante da minha vida no decorrer deste trabalho, que apesar das dificuldades e da necessidade da minha presença sempre compreenderam minhas obrigações, certas da importância pessoal desta realização.

A todos aqueles que me apoiaram nestes trinta meses de estudos, trabalhos e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Obviamente os primeiros agradecimentos se devem às mesmas pessoas a quem dedico este trabalho por todo o apoio e compreensão prestados no seu decorrer.

Além destes, muitas outras pessoas e entidades colaboraram com a evolução desta pesquisa, por isso agradeço também:

- Ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa, que contribuiu financeiramente de maneira a possibilitar minha continuidade no programa, assim como o desenvolvimento dos ensaios e pesquisas inerentes ao trabalho.
- Aos professores, colegas, funcionários e estagiários do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, em especial ao meu professor orientador Rudmar Serafim Matos e seu colega professor José Viriato Vargas, que sempre colaboraram para o sucesso do meu trabalho, assim como ao colega mestrando Alexandre Stall e ao aluno de graduação Luiz Zanetti que contribuíram significativamente durante a sua fase experimental.
- Às empresas que me apoiaram com o desenvolvimento de dispositivos e componentes dos equipamentos ensaiados, de modo especial à Matritec Metalúrgica LTDA, à IPE Aeronaves / Planair Indústria Aeroespacial e a DWG Climatização.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comprovar experimentalmente a superioridade técnica e relevância da utilização de tubos com perfil elíptico em trocadores de calor, principalmente no que diz respeito aos de perfil circular. Com base nos resultados preliminares de simulações e análises experimentais em laboratório, foi confeccionado um protótipo de trocador de calor, com as características geométricas otimizadas em trabalhos anteriores, sendo posteriormente utilizado como um evaporador de sistema de climatização residencial tipo Split, comparando seu desempenho em diferentes situações de trabalho, com o sistema empregando o evaporador de tubos circulares original. Para parametrizar as comparações, os evaporadores ocuparam a mesma unidade evaporadora, com exatamente o mesmo formato externo, a ser composto pelo mesmo número de tubos, de forma a seguir o mesmo circuito de circulação do fluido refrigerante, representando o único componente a ser substituído em todo o aparato experimental. Para minimizar a diferença tecnológica entre o processo de fabricação empregado em ambas as situações (protótipo construído artesanalmente e o trocador de calor original fabricado em larga escala) foi confeccionado um terceiro trocador de calor, com as mesmas características geométricas do trocador de tubos circulares original, porém utilizando as características de fabricação artesanal. As análises prévias mostraram que a eficiência térmica máxima e mínima perda de carga do fluido externo, ocorrem quando a otimização da disposição dos tubos e densidade de aletas é aplicada. Todas estas variáveis foram previamente parametrizadas e representadas por números adimensionais. A análise comparativa da transferência de calor dos conjuntos ocorreu com a verificação da eficiência do sistema, através do COP (Coeficiente de Performance). O experimento se deu através da operação do sistema instalado como indicado pelo fabricante, com a unidade evaporadora localizada dentro de uma câmara climatizada, com a possibilidade de se variar a temperatura, bem como a velocidade do ar através do trocador de calor. A interpretação das condições termodinâmicas do ar antes e após o evaporador com base no fluxo de massa e no consumo de energia elétrica pelo compressor complementou as análises de eficiência do sistema. Todos os resultados dos testes, comparando os protótipos de trocadores de calor mostram ganhos de eficiência energética da ordem de 10 a 15% quando do uso de tubo elíptico, em regimes de operação de maior vazão de ar.

Palavras-chaves: Ar condicionado. Trocador de calor. Capacidade de Refrigeração. Coeficiente de Performance. Tubos Elípticos.

ABSTRACT

This paper has as objective to prove experimentally, the relevance and technical superiority of the use of pipes with elliptical profile in heat exchangers, mainly with regard to the ones of circular profile. Based in preliminary results of simulations and experimental analyzes in laboratory, was confectioned a heat exchanger prototype, with the geometric characteristics optimized in previous works, being later used as an evaporator in a domestic Split type air conditioned system; comparing its performance in different work situations, with system using the conventional evaporator. To parameterize the comparisons, both evaporators had occupied the same cold unit, with exactly same external format, being composed by the same number of pipes, following same cooling fluid circulation way, representing the just one component to be substituted in all the experimental apparatus. To minimize the technological difference between the fabrication process employed in both situations (handmade prototype and baseline) was done a third one heat exchanger, with de same geometrical characteristics, but employing the same fabrication characteristics. The previous analysis (numerical simulations and laboratory assays) show that maximum thermal efficiency and minimum external fluid pressure loss, happen when the optimized pipes disposal, and fin density is applied. All these variables had been previously parameterized and represented for dimensionless numbers. The analysis of the heat transference of both assemblies happened through the verification of the efficiency of a residential Split HVAC system, using each one of the evaporators, the main comparative element was the system COP (Coefficient of Performance). The experiments had given through the system operation, installed as indicated by the manufacturer, with the cold unit located inside a acclimatized chamber; in it was possible to change the temperature, as well as the air speed through the heat exchanger. The interpretation of the thermodynamic air conditions before and after the evaporator, based in mass outflow, and in the electric energy consumption of the compressor had complemented the system efficiency analyzes. All the tests results extrapolations, comparing the tree heat exchanger had shown significant profits of energy efficiency by the order of 10 - 15%, for the bigger air flow regimen .

Keywords: *Air conditioning. Heat exchanger. Refrigeration capacity. Coefficient of performance. Elliptical tubes*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Principais componentes do condicionamento de ar.....	28
FIGURA 2 - Ciclo ideal de compressão a vapor.....	29
FIGURA 3 - Sobreposição do ciclo de compressão a vapor real e ideal.....	30
FIGURA 4 - Filtro Secador	31
FIGURA 5 - Exemplo de diagrama de Mollier para ar úmido	35
FIGURA 6 - Exemplo de diagrama de Carrier para ar úmido.....	35
FIGURA 7 - Trocadores de calor com escoamento cruzado.....	37
FIGURA 8 - Balanço de energia global, para ambos os fluidos	39
FIGURA 9 - Distribuição de temperaturas ao longo de um trocador	40
FIGURA 10 - Fator de correção para trocador de calor de escoamento cruzado	42
FIGURA 11 - Gráfico para determinação da taxa de transferência de calor	44
FIGURA 12 - Tela de entrada de dados do Add-in iGet Psyched™.....	49
FIGURA 13 - Grade de leituras da velocidade, para determinação da velocidade média do escoamento.....	50
FIGURA 14 - Leitura da velocidade de escoamento na grade de pontos	50
FIGURA 15 - Determinação do fator de correção da velocidade para ventilador em Alta velocidade	51
FIGURA 16 - Determinação do fator de correção da velocidade para ventilador em Média velocidade	51
FIGURA 17 - Equipamento split analisado.....	52
FIGURA 18 - Fluxograma frigorígeno do equipamento analisado.....	53
FIGURA 19 - Esquema elétrico da unidade evaporadora analisada.....	54
FIGURA 20 - Esquema elétrico da unidade condensadora analisada.	54
FIGURA 21 - Evaporador de tubos circulares original.....	55
FIGURA 22 - Grandezas geométricas otimizadas.....	56
FIGURA 23 - Comparação em escala entre ambos trocadores.....	57

FIGURA 24 - Fluxo de ar no interior do evaporador	58
FIGURA 25 - Conjunto protótipo circular em fase de montagem.	59
FIGURA 26 - Imagem dos três evaporadores estudados.....	60
FIGURA 27 - Dispositivo de conformação de tubos	60
FIGURA 28 - Conexões de cobre.....	61
FIGURA 29 - Sequência de fabricação das curvas 180°	62
FIGURA 30 - Exemplo de fabricação de uma conexão diferenciada	63
FIGURA 31 - Representação das aletas empregadas	64
FIGURA 32 - Espaçadores entre aletas	64
FIGURA 33 - Aletas cortadas a laser e espaçadores empregados	65
FIGURA 34 - Utilização do dispositivo de instalação das aletas	65
FIGURA 35 - Etapa inicial de fabricação do protótipo elíptico.....	66
FIGURA 36 - Processo de solda das conexões	66
FIGURA 37 - Teste de estanqueidade e pressão interna.....	67
FIGURA 38 - Duto tomada de ar do evaporador com sensores posicionados	68
FIGURA 39 - Duto de insuflamento de ar.....	68
FIGURA 40 - Câmara Climatizada e Ante câmara empregadas nos ensaios	69
FIGURA 41 - Câmara Climatizada.	70
FIGURA 42 - Fragmento do diagrama de blocos empregado neste trabalho	71
FIGURA 43 - Estação de aquisição de dados empregada durante ensaios.	72
FIGURA 44 - Termistor	73
FIGURA 45 - Sensor de Umidade Relativa	74
FIGURA 46 - Termoanemômetro (transdutor de velocidade do escoamento de ar) .	75
FIGURA 47 - Medidor de energia elétrica empregado nos ensaios	76
FIGURA 48 - Diagrama esquemático do aparato experimental	77
FIGURA 49 - Representação da instalação do sistema Split e instalações físicas durante ensaios.....	78
FIGURA 50 - Captura de imagem da tela de aquisição de dados.....	80

FIGURA 51 - Carta psicrométrica representativa das 3 temperaturas de entrada no evaporador	81
FIGURA 52 - Pontos de medição para determinação da vazão de ar.....	104

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA 1 - Valores do COP para diferentes condições de operação e trocadores .97

GRÁFICO 1 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média83

GRÁFICO 2 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média83

GRÁFICO 3 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média84

GRÁFICO 4 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média84

GRÁFICO 5 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média84

GRÁFICO 6 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média84

GRÁFICO 7 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta85

GRÁFICO 8 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta85

GRÁFICO 9 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta85

GRÁFICO 10 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta85

GRÁFICO 11 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta85

GRÁFICO 12 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta85

GRÁFICO 13 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 20°C e velocidade média	86
GRÁFICO 14 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média.....	86
GRÁFICO 15 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 30°C e velocidade média.	86
GRÁFICO 16 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média.....	86
GRÁFICO 17 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 40°C e velocidade média	87
GRÁFICO 18 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média.....	87
GRÁFICO 19 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 20°C e velocidade alta.	87
GRÁFICO 20 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta.....	87
GRÁFICO 21 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 30°C e velocidade alta.	87
GRÁFICO 22 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta.....	87
GRÁFICO 23 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 40°C e velocidade alta.	88
GRÁFICO 24 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta.....	88
GRÁFICO 25 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 20°C e velocidade média	88
GRÁFICO 26 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média.....	88
GRÁFICO 27 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 30°C e velocidade média.	89

GRÁFICO 28 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média.....	89
GRÁFICO 29 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 40°C e velocidade média	89
GRÁFICO 30 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média.....	89
GRÁFICO 31 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 20°C e velocidade alta.	89
GRÁFICO 32 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta.....	89
GRÁFICO 33 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 30°C e velocidade alta.	90
GRÁFICO 34 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta.....	90
GRÁFICO 35 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 40°C e velocidade alta.	90
GRÁFICO 36 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta.....	90
GRÁFICO 37 - Velocidades do ar: evaporador original e temperatura da câmara de 20°C	91
GRÁFICO 38 - Velocidades do ar: evaporador original e temperatura da câmara de 30°C	91
GRÁFICO 39 - Velocidades do ar: evaporador original e temperatura da câmara de 40°C	91
GRÁFICO 40 - Velocidades do ar: evaporador protótipo elíptico e temp. da câmara de 20°C	91
GRÁFICO 41 - Velocidades do ar: evaporador protótipo elíptico e temp. da câmara de 30°C	91
GRÁFICO 42 - Velocidades do ar: evaporador protótipo elíptico e temp. da câmara de 40°C	91

GRÁFICO 43 - Velocidades do ar: evaporador protótipo circular e temp. da câmara de 20°C	92
GRÁFICO 44 - Velocidades do ar: evaporador protótipo circular e temp. da câmara de 30°C	92
GRÁFICO 45 - Velocidades do ar: evaporador protótipo circular e temp. da câmara de 40°C	92
GRÁFICO 46 - Capacidade de refrigeração em Média velocidade	93
GRÁFICO 47 - Capacidade de refrigeração em Alta velocidade.....	93
GRÁFICO 48 - Potências totais: evaporador original e temp. câmara de 20°C	94
GRÁFICO 49 - Potências totais: evaporador original e temp. câmara de 30°C	94
GRÁFICO 50 - Potências totais: evaporador original e temp. câmara de 40°C	94
GRÁFICO 51 - Potências totais: evaporador protótipo elíptico e temp. câmara de 20°C	94
GRÁFICO 52 - Potências totais: evaporador protótipo elíptico e temp. câmara de 30°C	95
GRÁFICO 53 - Potências totais: evaporador protótipo elíptico e temp. câmara de 20°C	95
GRÁFICO 54 - Potências totais: evaporador protótipo circular e temp. câmara de 20°C	95
GRÁFICO 55 - Potências totais: evaporador protótipo circular e temp. câmara de 30°C	95
GRÁFICO 56 - Potências totais: evaporador protótipo circular e temp. câmara de 20°C	95
GRÁFICO 57 - Comparação de potência consumida.....	96
GRÁFICO 58 - COP para diferentes temperaturas da câmara de ensaio e trocadores, operando em Alta velocidade.	98
GRÁFICO 59 - COP para diferentes temperaturas da câmara de ensaio e trocadores, operando em Média velocidade.....	99
GRÁFICO 60 - Projeção do ganho percentual do trocar corrigido	99

LISTA DE SIGLAS

COP	- Coeficiente de Performance
CFD	- Computational fluid dynamics
FEAP	- Finite Element Analysis Program
LMH	- Laboratório de Maquinas Hidráulicas do Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR
p-h	- Pressão x Entalpia
R/D	- Relação entre raio de dobra e diâmetro do tubo
THD	- Total Harmonic Distortion
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UR	- Umidade Relativa

LISTA DE ABREVIATURAS

Circ.	- Circular
Inf.	- Informação
Orig.	- Original
Prot.	- Protótipo
Temp.	- Temperatura
Vel.	- Velocidade

LISTA DE SÍMBOLOS

A	- área superficial	[m ²]
a	- semi eixo maior do tubo de secção elíptica	[m]
b	- semi eixo menor do tubo de secção elíptica	[m]
C	- Capacidade Térmica	[J/°C]
C_d	- coeficiente de arrasto	[]
D_e e D_i	- diâmetro externo e interno da tubulação	[m]
d_h	- diâmetro hidráulico	[m]
e	- excentricidade do tubo ($e=b/a$)	[]
f	- fator de atrito	[]
F	- Grandeza qualquer	
h	- coeficiente de transferência térmica por convecção	[W/m ² .K]
h	- entalpia do ar – $f(T, \phi)$	[kJ/kg]
I	- corrente elétrica	[A]
k	- condutividade térmica	[W/m.K]
L	- comprimento total dos tubos	[m]
L_c	- comprimento da aleta	[m]
Nu	- número de Nusselt	[]
P_{cp}	- potência consumida pelo compressor	[kW]
$P_{elTotal}$	- potência elétrica total consumida pelo sistema	[kW]
$P_{elVazio}$	- potência elétrica em vazio	[kW]
q	- taxa de transferência de calor	[W]
\dot{Q}_e	- capacidade de refrigeração	[kJ/s] ou [kW]
R	- resistência elétrica do termistor	[Ω]
R_0	- resistência elétrica do termistor à temperatura padrão	[Ω]
$R''_{d.}$	- fator de deposição ou incrustamento	[]
Re	- número de Reynolds	[]
$S/2b$	- espaçamento entre fileiras de tubos adimensional	[]
St	- número de Stanton	[]
t_f	- espessura das chapas das aletas	[mm]
T	- temperatura	[K]
T_0	- temperatura padrão do termistor	[K]
TA_{e1}	- temperatura do ar na entrada do evaporador	[°C]
TA_{e2}	- temperatura do ar na saída do evaporador	[°C]
u_f	- perfil de velocidades de escoamento viscoso	[]
U	- coeficiente global de transferência de calor	[W/m ² .K]
U	- tensão elétrica	[V]
U_{SU}	- tensão do sensor de umidade relativa	[V]
v	- volume específico do ar	[m ³ /kg]
\dot{V}	- vazão volumétrica de ar	[m ³ /s]
w		[]

Símbolos Gregos

δ	- espaçamento entre aletas	[m]
β	- constante do termistor	[K]

ε	- efetividade do trocador de calor	[]
ϕ_f	- densidade adimensional de aletas na direção	[]
ϕ	- umidade relativa	[%]
η_0	- eficiência global da superfície	[]
ϑ	- viscosidade do ar	[m ² /s]
σ	- desvio padrão	
®	- marca registrada	
TM	- Trademark – marca registrada comercial	

Subscritos

circ	- circular
cond	- ar de condensação
f	- frio
ins	- insuflamento
máx	- máximo (a)
min	- mínimo (a)
ot	- otimizado
prot	- protótipo
q	- quente
ret	- retorno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	OBJETIVOS.....	22
2	REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.2	CLIMATIZAÇÃO	28
2.3	PSICROMETRIA.....	32
2.3.1	Ar seco	32
2.3.2	Ar úmido	32
2.3.3	Diagrama Psicrométrico.....	34
2.4	TROCADORES DE CALOR	36
2.4.1	Coeficiente global de transferência de calor.....	37
2.4.2	Uso da Média Logarítmica das diferenças de temperatura	38
2.4.3	Método da Efetividade – NUT	42
2.5	NORMAS DE ENSAIO.....	44
2.5.1	NBR 15371 e NBR 15627-1.....	44
2.5.2	NBR 15627-2: 2008	45
2.5.3	NBR 13033	46
3	METODOLOGIA	47
3.1	PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO AR	48
3.2	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CORREÇÃO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO	49
3.2.1	Fator de correção da velocidade do escoamento do ar.....	51
4	APARATO EXPERIMENTAL.....	52
4.1	EQUIPAMENTO ANALISADO	52
4.1.1	Evaporador original.....	55
4.2	PROJETO DE TROCADOR DE CALOR OTIMIZADO GLOBALMENTE.....	56
4.3	PROTÓTIPO CIRCULAR PARA COMPARAÇÃO	58
4.4	CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS	59
4.4.1	Conformação elíptica	60
4.4.2	Conexões curvas com relação R/D apropriada	61
4.4.3	Conexões diversas	63
4.4.4	Aletas em alumínio	63

4.4.5	União das extremidades (solda).....	66
4.4.6	Pré testes	67
4.5	DUTOS DE AR	67
4.6	CÂMARA DE ENSAIOS.....	69
4.7	COLETA DE DADOS.....	70
4.7.1	Termistores.....	72
4.7.2	Sensores de Umidade Relativa.....	74
4.7.3	Termoanemometro	74
4.7.4	Medidor de energia elétrica.....	75
4.8	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	76
4.9	ENSAIOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	79
4.10	ANÁLISE DAS INCERTEZAS DE MEDIÇÃO	80
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	83
5.1	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO	93
5.2	POTÊNCIA CONSUMIDA.....	94
5.3	COEFICIENTE DE PERFORMANCE.....	97
6	CONCLUSÃO	100
	REFERÊNCIAS.....	101
	ANEXOS.....	104

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia, sob qualquer forma, é preocupação constante de toda entidade da sociedade global. Devido aos aspectos econômicos, ambientais e sociais envolvidos; governos, empresas e consumidores buscam a otimização energética e econômica em qualquer produto e sistema a ser empregado no dia a dia.

Grande parte da energia consumida em todo o mundo é empregada no uso de equipamentos de climatização, refrigeração e outros equipamentos baseados em fenômenos térmicos, empregando fundamentalmente trocadores de calor (radiadores, evaporadores, condensadores, etc.). Como exemplos clássicos do emprego destes equipamentos, temos os sistemas de refrigeração ou climatização (ar condicionado, geladeiras, refrigeradores, etc.) empregados tanto para o uso doméstico, como industrial, tanto de forma fixa, como móvel (veículos). Os mais diversos arranjos de tubos e concepções são encontrados na prática, dentre eles o uso ou não de aletas, vias e sentido de passagem de fluido, dimensões externas além do perfil e comprimento dos tubos, consistindo as principais variáveis de projetos deste tipo de equipamento. Sendo o principal objetivo obter equipamentos compactos e leves para cumprir com sua finalidade, possibilitando serem confinados em locais a eles destinados. Consequentemente, o objetivo consiste em identificar uma configuração que proporcione a máxima transferência de calor para um dado espaço (BEJAN, 2000), o que caracteriza a necessidade de estudos de otimização.

Qualquer atividade industrial só é possível com o uso intenso de uma ou mais formas de energia, em geral a energia elétrica. Devido às características de cada processo de transformação da energia, parte desta é perdida para o ambiente, principalmente na forma de calor, outra parte é perdida devido a desperdícios desnecessários (mau dimensionamento do equipamento). A otimização de processos industriais para máximo aproveitamento da energia disponível (exergia) tem sido uma linha de pesquisa científica bastante atuante em tempos recentes (MATOS, 2003, p. 1).

Com o objetivo de comparar o desempenho do projeto convencional de trocadores de calor com o projeto globalmente otimizado de trocadores de calor de tubos elípticos, de características dimensionais externas semelhantes, este trabalho é sequência natural dos trabalhos realizados pelo grupo de pesquisas de Ciências Térmicas do Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR. Vários trabalhos foram realizados dentro deste contexto, visando à otimização da transferência de calor em trocadores de calor de tubos circulares e elípticos não aletados, em duas dimensões e regime lamina (MATOS, et al., 2001), experimental de tubos aletados (MATOS, et al., 2004a), numérica e experimental em regime laminar de tubos aletados (MATOS, et al., 2004a), e experimental em regime turbulento (MAINARDES, et al., 2007). Além disso, também foi estudada a minimização da perda de carga em arranjos de tubos circulares e elípticos (MAINARDES, 2007), tendo concluído que a arquitetura ótima desses arranjos é aproximadamente a mesma para os dois objetivos, i.e., máxima transferência de calor e mínima perda de carga.

De modo especial os trabalhos apresentados por Matos (2003) e Mainardes (2007), podem ser considerados base teórica para o presente trabalho. Em relação a estes estudos, esta pesquisa busca complementar ambos os trabalhos através da implementação experimental / prática dos resultados anteriormente obtidos; visando obter a comparação do processo de transferência de calor de um evaporador protótipo confeccionado dentro dos parâmetros (geométricos e dimensionais) ótimos obtidos em ambas as análises; e um equipamento comercialmente empregado (convencional); operando dentro de um sistema de climatização tipo Split residencial.

Buscando uma demonstração completa, através de uma quantificação realística da melhoria de desempenho obtida com a configuração otimizada em comparação com o projeto convencional de sistema de climatização, foram realizados testes na unidade experimental de ar condicionado construída para validação experimental, empregando como evaporador o trocador original de tubos circulares, um protótipo globalmente otimizado (tubos elípticos) e um terceiro protótipo comparativo de mesmas características geométricas do trocador original, porém empregando mesmas técnicas de fabricação do trocador elíptico.

1.1 OBJETIVOS

A fabricação de evaporadores protótipos, incluindo desenvolvimento de técnicas de conformação axial (dar forma elíptica) e radial (curvamento de tubos) além da montagem de conjuntos protótipos aletados constituíram parte inicial do trabalho. A análise energética comparativa dos arranjos de tubos circulares original e os protótipos de tubos circulares e elípticos otimizado de acordo com Matos (2003) e Mainardes (2007) consistiu na etapa final da pesquisa.

Sendo assim, os objetivos deste estudo foram:

- a) Obter perfis elípticos na excentricidade otimizada, de forma constante e dentro de uma tolerância dimensional considerada aceitável (cerca de $\pm 5\%$);
- b) Confeção dos evaporadores protótipos, desenvolvendo técnicas de união dos elementos de forma satisfatória;
- c) Análise experimental comparativa, através do funcionamento *in loco* do equipamento split dotado de cada um dos evaporadores estudados;
- d) Do ponto de vista de Engenharia, viabilizar o projeto de arranjos otimizados, garantido a possibilidade de fabricação em massa deste tipo de equipamento através da configuração ideal já conhecida (espaçamento entre tubos, espaçamento entre aletas e excentricidade) para máxima transferência de calor em um determinado volume fixo de arranjo, e
- e) Finalmente, definir e quantificar claramente as vantagens dos arranjos de tubos elípticos sobre os de tubos circulares convencionais, instalados em um equipamento de ar condicionado comercial.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Por se tratar de um assunto de grande impacto principalmente nos contextos econômicos e ambientais, a otimização dos fenômenos de transferência de calor vem sendo intensivamente estudada em bases prática e teórica, em todo o mundo.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Recentemente, Matos (2003) pesquisou a otimização de trocadores de calor de tubos circulares e elípticos aletados em regime laminar, mostrando que trocadores de calor com tubos elípticos aletados apresentam maior taxa global de transferência de calor do que trocadores de calor de tubos circulares aletados. Trabalho este complementado por Mainardes (2007); que realizou a análise experimental do mesmo sistema, porém operando sob o regime turbulento confirmando os resultados já obtidos por Matos (2003); além de somar resultados otimizados com relação à perda de carga por parte do fluido externo.

Trocadores de calor de tubos elípticos aletados foram estudados no passado, mostrando que além de um ganho relativo observado na transferência de calor nos arranjos de tubos elípticos, em comparação aos arranjos de tubos circulares, uma redução relativa na perda de pressão de até 30% também foi observada. Rocha et al. (1997) desenvolveram um modelo matemático híbrido para arranjos de tubos circulares e elípticos aletados baseado na conservação de energia e nos coeficientes de transferência de calor obtidos experimentalmente através da técnica de sublimação do naftaleno e analogia com a transferência de calor e massa; Saboya e Sparrow (1976), e Saboya e Saboya (2001) obtiveram numericamente a distribuição de temperatura e a eficiência da aleta para 1 e 2 fileiras de tubos elípticos em trocadores de calor aletados. Os resultados da eficiência da aleta foram comparados com os resultados de Rosman et al. (1984) para trocadores de calor de tubos circulares aletados, onde um ganho relativo na eficiência da aleta de até 18% para transferência de calor foi observado com o arranjo de tubos elípticos.

Bordalo e Saboya (1999) apresentaram medições para a perda de carga comparando configurações elípticas e circulares de trocadores de calor de tubos aletados, com 1, 2 e 3 fileiras de tubos. Reduções de até 30% do coeficiente de perda de carga (coeficiente de queda de pressão por unidade de fileira, devido somente à presença dos tubos) foram observadas, em favor da configuração elíptica. A comparação foi realizada entre arranjos de tubos circulares e elípticos com a mesma área de obstrução do escoamento livre, para $200 \leq Re_s \leq 2000$ que cobre a faixa de velocidade do ar de interesse para aplicações em ar condicionado (MATOS, 2003).

Matos et al. (2001) realizam análise da transferência de calor em trocadores de calor de tubos circulares e elípticos não aletados, em duas dimensões. O método de elementos finitos foi utilizado para discretizar as equações governantes do escoamento e da transferência de calor, e um elemento bidimensional, isoparamétrico, quadrilateral com funções de interpolação lineares, foi implementado e agregado ao código FEAP. Os resultados numéricos para uma configuração de arranjo triangular equilátero, obtidos com o novo elemento foram então validados via comparação direta com os resultados experimentais previamente publicados para trocadores de calor de tubos circulares. Resultados de otimização numérica da geometria mostram um ganho relativo na transferência de calor de até 13% no arranjo elíptico ótimo, em comparação ao arranjo circular considerado ótimo. O ganho de transferência de calor combinado com a redução em perda de carga de até 30% observada em estudos anteriores mostra que arranjos de tubos elípticos têm potencial para um desempenho consideravelmente melhor do que os convencionais circulares.

Outros estudos também vêm sendo realizados sob o ponto de vista do emprego de outras concepções de trocadores de calor. Qi et al. (2009) obteve ganhos da ordem de 8% com relação ao COP de um sistema de climatização automotivo quando empregando trocadores formados por micro canais, além de prever uma redução da ordem de 15% do volume e peso de condensadores empregados no mesmo sistema. Do mesmo modo, Pettersen et al (1998) reporta ganhos nas diversas condições por ele analisadas, durante pesquisa comparativa entre equipamentos convencionais e aqueles formados por micro canais, porém

empregando como fluido refrigerante CO_2 . Alguns desses ganhos refletem no menor volume ocupado (cerca de 20% menores) alcançando ganhos nas taxas de capacidade de resfriamento da ordem de 7%.

De forma mais expressiva do que a esperada para este trabalho, Janga e Yang (1998) obtiveram aumento do coeficiente de transferência de calor da ordem de 35% a 50%, quando comparando experimentalmente trocadores formados por tubos elípticos (relação 2,83:1) e circulares, com velocidades de escoamento do ar entre 2 e 7m/s. Da mesma forma obtiveram ganhos de perda de carga da ordem de 25 a 30%.

Com o desenvolvimento da tecnologia de informática e métodos numéricos, a análise numérica tornou-se um poderoso método para selecionar o padrão de tubos e aletas de trocadores de calor. Segundo Wu et al., (2009) ao se projetar numericamente um trocador de calor, é muito importante a análise da capacidade de o método numérico adotado capturar as características locais. Em seu artigo, a confiabilidade de um método numérico foi testada com o objetivo de comparar resultados numéricos locais com resultados experimentais locais obtidos através da sublimação do naftaleno. Sendo que para o caso analisado os resultados mostram que o método numérico empregado obteve resultados considerados confiáveis.

De forma mais completa, o trabalho de Ibrahim (2009), investiga as características termo fluidas de trocadores de calor de tubos elípticos. Investigações experimentais e numéricas de fluxo turbulento através do trocador de calor de tubos elípticos são efetuadas com uma referência especial para o feixe de tubos circulares. Este artigo abrange os efeitos dos parâmetros básicos de concepção como números de Reynolds (5600-40000), relação dos eixos menores e maiores das elipses (0; 0,5 e 1) e ângulos de ataque do fluxo (0-150°). Cinco pacotes de trocadores de calor de tubo elíptico com razões de eixo diferentes foram concebidos e fabricados de forma escalonada. Modelagem numérica de CFD usando o método de diferenciação de volume finito foi conduzida para prever extensivamente o desempenho do sistema. Os resultados indicaram que, aumentando-se o ângulo de ataque no sentido horário até 90° melhora-se consideravelmente o coeficiente de transferência de calor por convecção. O máximo desempenho térmico sob restrição de uma potência de bombeamento ou uma taxa de fluxo de massa fixas foi obtido para um ângulo de

ataque zero e a eficiência térmica mínima ocorreu em um ângulo de ataque igual a 90° . O melhor desempenho térmico do trocador de calor de tubo elíptico foi qualificado com os valores mais baixos do número de Reynolds, razão de eixo e ângulo de ataque.

No trabalho de Khan (2004) fluxos de ar quente a $41,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$ em uma matriz de tubos elípticos transportando água fria foram investigados experimentalmente no intervalo de números Reynolds de $1,0 \times 10^3 < Re_w < 3,7 \times 10^3$ e $1,0 \times 10^4 < Re_a < 3,3 \times 10^4$ para o ar e água, respectivamente, na entrada do trocador. O número de Reynolds da água baseou-se no diâmetro hidráulico interno enquanto o lado do ar foi baseado no comprimento do eixo principal do tubo elíptico. Água fria a $6,5 \pm 1,0^\circ\text{C}$ entrou e seguiu através de uma matriz de tubos de passagem única e saiu a uma temperatura ditada pelo calor total transferido. A matriz foi composta por 18 tubos elípticos cada um com 30 cm de comprimento, com relação entre eixos (excentricidade) sendo igual a 0,30 e igualmente espaçados à 6,1mm entre eles, sendo orientados a um ângulo de ataque de 0° fixados em um cubo de 30x30cm de seção de teste com o eixo principal da elipse paralelo ao fluxo de ar. Os resultados mostraram que a taxa de transferência de calor (q) aumenta com o aumento dos fluxos de água e ar. O coeficiente de pressão (C_p), através de um único tubo na matriz manteve-se aproximadamente igual a 0,16 para $Re_a \times 10^4$. Concluindo que tanto o número de Nusselt (Nu) como a taxa de transferência de calor “ q ” variaram diretamente com “ Re ”. A correlação de $Nu-Re$ obtida a partir de banco de ensaio idealizada foi encontrada sob a forma $Nu_a = 0.26 Re_a^{0.66}$.

A análise de trocadores de calor baseia-se nos fenômenos de transferência de calor por processos convectivos (meio predominante de transferência de calor). Uma maneira menos onerosa e muitas vezes mais precisa de se proceder com estas análises é através da simulação numérica. Um outro exemplo deste tipo de tratativa é o trabalho de Horvat (2006), onde simulações numéricas de fluxo de fluidos e calor em regimes transientes foram realizadas em oito segmentos de trocador de calor com tubos cilíndricos e em forma de asa em disposição escalonada. Seus diâmetros variaram entre 5,413 e 35,94 mm; além de formatos específicos para os tubos em forma de asa. Com base nas distribuições de velocidade $u_f(t)$ e temperatura $T_f(t)$ em função do tempo, foram calculados numericamente: número de Reynolds médio ao

longo do tempo “Re”, o coeficiente de arraste “ C_d ” e número de Stanton “St”. Em geral, o coeficiente de arrasto e o número de Stanton são menores para os tubos em forma de asa do que para os tubos cilíndricos. No entanto, com um diâmetro hidráulico crescente, essas diferenças entre ambas as formas de tubos diminuem. Os valores médios com relação ao tempo foram usados para construir o coeficiente de arrasto e o número de Stanton como funções polinomiais do tipo $C_d(dh, Re)$ e $St(dh, Re)$

Seguindo princípios similares Kundu (2006) estudou o desempenho térmico de aletas planas retangulares circunscritas em tubos elípticos, partindo do princípio de transferência de calor por convecção uniforme formulando uma equação de condução bidimensional, sendo sua solução obtida através de métodos de elementos finitos. O desempenho das aletas analisadas tanto para arranjos de tubos alinhados como escalonados foi investigado por uma variação de parâmetros termo geométricos. Sendo ao final do trabalho salientada a necessidade de otimizar a geometria da aleta para uma área de superfície apropriada.

Estudos numéricos em três dimensões da transferência de calor no lado do ar assim como as características de fluxo de fluido do trocador de calor aletado e tubo ondulado foram executadas tanto para tubo circular como para quatro padrões de tubos elípticos por He et al. (2008). Neste estudo, cada tubo elíptico tinha respectivamente o mesmo perímetro externo do tubo circular, mesma área da seção do tubo, mesmo diâmetro hidráulico ou mesma área livre mínima de fluxo de ar que o tubo circular. Em comparação com tubo circular, os Nusselt's médios dos quatro padrões de tubo elíptico são aproximadamente iguais a 12,3; 14,6; 17,0 e 16,9% respectivamente; o fator de atrito “f” dos três primeiros padrões de tubo elíptico diminuiu 23,9, 20,7 e 17,0%, porém o mesmo parâmetro para o quarto padrão de tubo elíptico aumentou em 7,1%.

2.2 CLIMATIZAÇÃO

A figura 1 mostra os principais componentes de um sistema de climatização - compressor, ventiladores, trocadores de calor (evaporador e condensador), resistências elétricas (que são itens opcionais), filtro, dutos de ar e tubulação de fluido refrigerante.

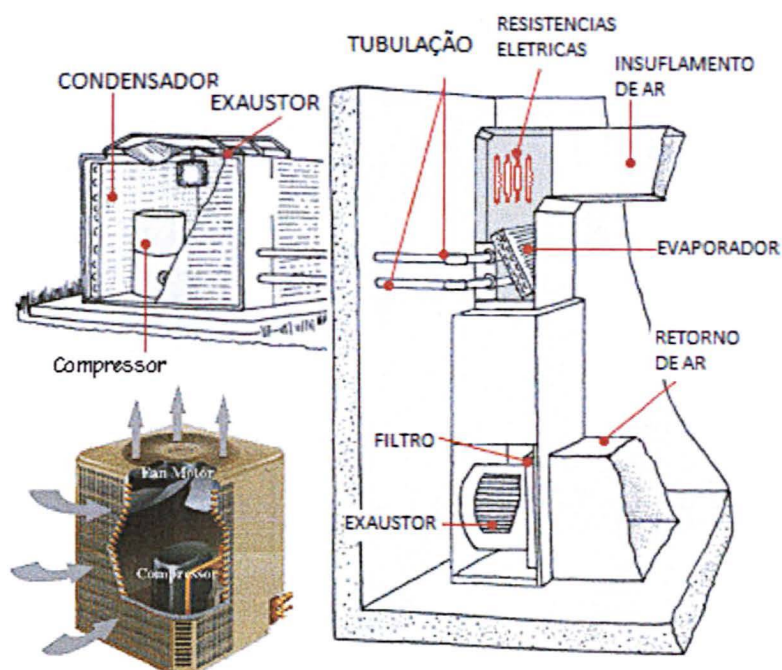


FIGURA 1 - Principais componentes do condicionamento de ar.

Considera-se o condicionamento do ar todo processo que regula, artificialmente, a temperatura, o fluxo, a umidade e a limpeza do ar de um espaço determinado a um nível desejado (FERNANDES, 2006).

Assim como qualquer processo de refrigeração, a climatização baseia-se num ciclo frigorífico, ou seja, um ciclo termodinâmico de determinado fluido refrigerante.

Durante um ciclo de refrigeração, representado na figura 2, basicamente o refrigerante em estado gasoso sai do evaporador e é comprimido no compressor a uma alta pressão elevando assim sua temperatura. Posteriormente, o refrigerante passa pelo condensador que no caso de equipamentos Splits, é instalado junto ao compressor na unidade condensadora, externamente do ambiente climatizado. No condensador o fluido vaporizado em alta temperatura se transforma em líquido novamente através da troca de calor com o fluido (geralmente ar) que passa através

do condensador. Finalmente, o fluido refrigerante entra na válvula de expansão ou capilar e expande até a pressão do evaporador. Em seguida este fluido encontra-se como uma mistura de líquido e vapor e entra no evaporador para reiniciar o ciclo. O ar que passa pelo evaporador pode ser ar re-circulado de dentro do ambiente climatizado, podendo ser ar externo ou uma mistura dos dois dependendo da configuração do sistema.

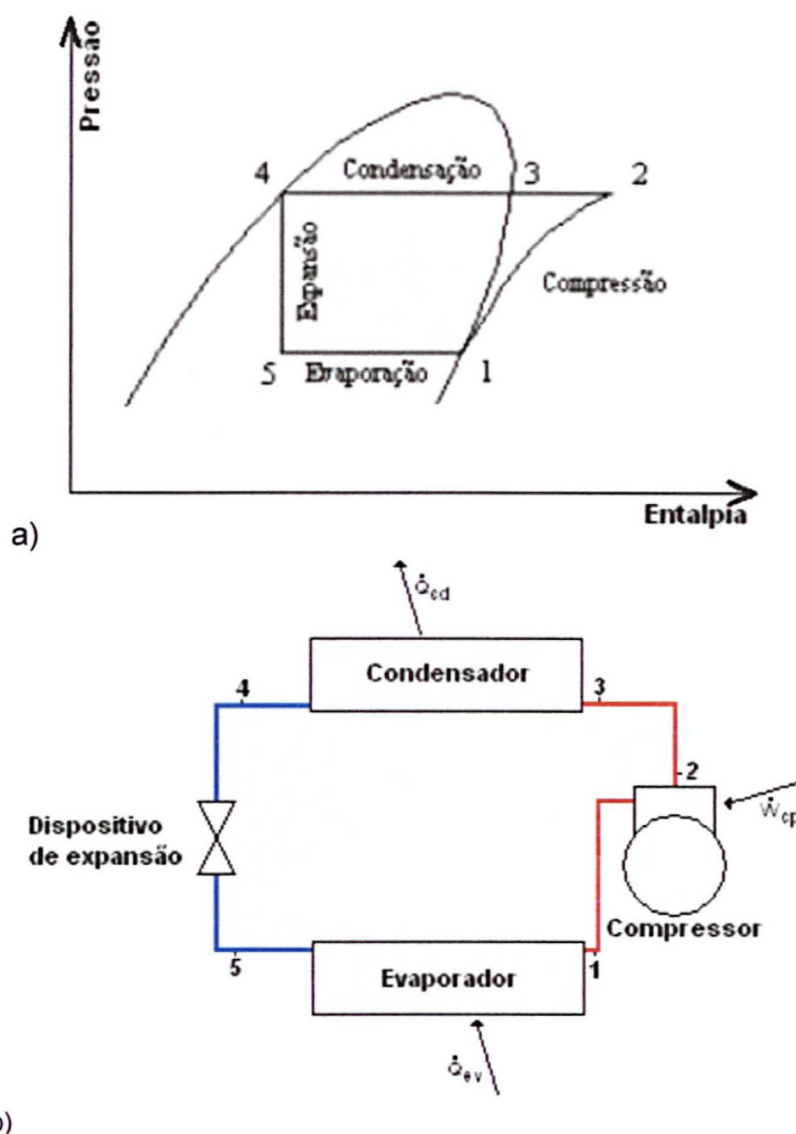


FIGURA 2 - Ciclo ideal de compressão a vapor.
a) processo no diagrama p-h. b) representação esquemática.

O sistema de refrigeração atinge uma condição de regime permanente de operação quando a razão de escoamento mássico através do compressor é igual à quantidade de vapor gerada no evaporador. Para permitir que o sistema funcione dentro de uma larga faixa de condições ambientais, o compressor liga e desliga, em função da temperatura no ambiente, respeitando um comportamento cíclico baseado

no lado de baixa pressão do refrigerante. O compressor é desligado quando a pressão no evaporador cai abaixo de um valor pré-determinado que é escolhido para assegurar que o condensado não congele dentro do evaporador. Mesmo depois que o compressor é desligado, ainda existirá uma diferença de pressão dentro da válvula de expansão que irá forçar o refrigerante a escoar do condensador para o evaporador. À medida que o evaporador é abastecido com refrigerante a pressão sobe e assim que o lado de baixa pressão atinge o nível predeterminado, o compressor é religado. Dessa maneira o compressor é continuamente ligado e desligado.

O ciclo real de compressão a vapor apresenta algumas diferenças em relação a esse ciclo de compressão a vapor considerado ideal. A figura 3 sobrepõe o ciclo real ao ciclo ideal onde se notam pequenas diferenças.

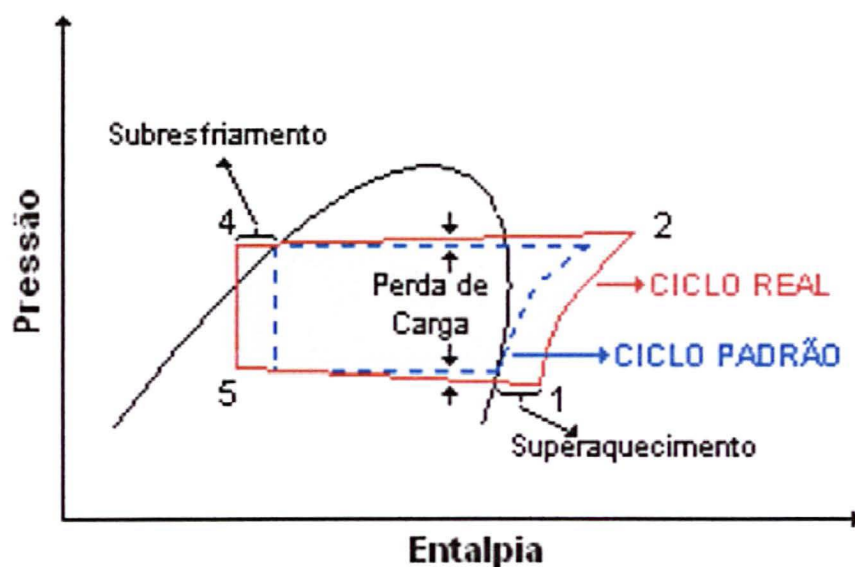


FIGURA 3 - Sobreposição do ciclo de compressão a vapor real e ideal.

Com o auxílio da figura 3 é possível observar as seguintes diferenças entre o ciclo real e o ideal: no ciclo real, o condensador e o evaporador representam uma grande fonte de perda de carga para o fluido refrigerante. Um segundo ponto é que, no ciclo real, o refrigerante deixa o condensador em uma condição sub-resfriada. Já na saída do evaporador, o refrigerante encontra-se em uma condição superaquecida. Finalmente, a compressão no ciclo real é considerada irreversível ao invés de isentrópica. Tanto o superaquecimento como o sub resfriamento são condições desejadas para evitar a passagem de refrigerante no estado gasoso pelo

dispositivo de expansão, e no caso do superaquecimento, este efeito é necessário para garantir a passagem pelo compressor somente de fluido no estado gasoso, evitando assim desgastes por parte deste componente.

O dispositivo de expansão controla a vazão de refrigerante para dentro do evaporador. Sendo composta basicamente por um tubo capilar podendo em casos mais sofisticados possuir um bulbo térmico que controla sua abertura e fechamento. O bulbo térmico e a pressão interna do refrigerante gerenciam a exata quantidade de refrigerante necessária.

Como informado pelo fabricante (Springer), o sistema analisado neste trabalho consiste num sistema mais básico, onde a válvula de expansão é substituída por um capilar, instalado na unidade condensadora, como será melhor analisado no item 4.1.

O filtro secador, também conhecido como receptor é empregado na maioria dos sistemas de climatização, localizado entre o condensador e a válvula de expansão. Este equipamento separa o refrigerante gasoso do líquido por meio da diferença de peso entre os dois estados do refrigerante. Dessa forma ele assegura que a válvula de expansão receba somente refrigerante líquido, não comprometendo a capacidade de refrigeração do sistema. Outra função dos receptores é remover a umidade e impurezas do refrigerante. Qualquer umidade dentro do ciclo de refrigeração pode corroer as partes, bem como congelar dentro do orifício da válvula de expansão e inibir o escoamento de refrigerante. A figura 4 mostra o esquema de um filtro secador de sistema de ar condicionado automotivo.

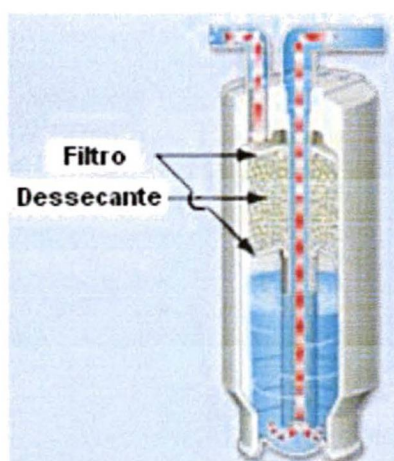


FIGURA 4 - Filtro Secador
FONTE: (DENSO, 1997)

2.3 PSICROMETRIA

A Psicrometria é definida como o ramo da física ou termodinâmica relacionado com a medida ou determinação das condições do ar atmosférico, particularmente com respeito à mistura ar seco e vapor d'água. Como o ar não é seco e sim uma mistura de ar e vapor de água a psicrometria mostra-se de suma importância para estudos de climatização. Processos psicrométricos são verificados em diversos componentes do ciclo de condicionamento de ar, tais como: serpentinas de desumidificação, umidificadores, serpentinas de resfriamento, torres de arrefecimento e condensadores evaporativos.

2.3.1 Ar seco

Por definição, ar seco é a mistura dos gases que constituem o ar atmosférico com exclusão do vapor d'água. A composição do ar seco é relativamente constante, tendo pequenas variações na quantidade dos componentes com o tempo, localização geográfica e altitude.

2.3.2 Ar úmido

A mistura ar seco e vapor d'água é denominada de ar úmido. A quantidade de vapor d'água presente na mistura pode variar de zero até um valor correspondente à condição de saturação. Isso corresponde à quantidade máxima de vapor d'água que o ar pode suportar em uma determinada condição de temperatura.

Diversas propriedades termodinâmicas fundamentais estão associadas com as propriedades do ar úmido de maneiras diferentes. Dentre estas, as mais comumente empregadas em análises de engenharia ou pesquisa, assim como no decorrer deste trabalho são:

2.3.2.1 Temperatura de Bulbo Seco (t_{BS})

É a temperatura indicada por um termômetro comum, não exposto a radiação. Não sendo afetada pelo vapor d'água, é frequentemente denominada apenas por temperatura do ar.

2.3.2.2 Temperatura de Bulbo Úmido (t_{BU})

É a temperatura indicada por um termômetro cujo bulbo foi previamente envolto por algodão úmido, até que se atinja o equilíbrio térmico. Nesse tipo de termômetro, a mistura ar seco e vapor d'água sofre um processo de resfriamento adiabático, pela evaporação da água do algodão no ar, mantendo-se a pressão constante (FERNANDES, 2006). Para se realizar a leitura dessa temperatura, é necessário o uso de um psicrômetro.

2.3.2.3 Temperatura do Ponto de Orvalho (t_o)

É a temperatura na qual o vapor d'água contido no ar se condensa ou solidifica quando é resfriado a pressão e conteúdo de umidade constantes.

2.3.2.4 Pressão de Vapor (P_v)

A pressão de vapor é a pressão parcial exercida pelas moléculas de vapor d'água presentes no ar úmido.

2.3.2.5 Pressão de Vapor Saturado (P_{vs})

Ocorre quando o ar está totalmente saturado de vapor d'água.

2.3.2.6 Razão de umidade ou título (x)

É definida como a razão entre a massa de vapor d'água e a massa de ar seco em um dado volume da mistura.

2.3.2.7 Umidade Relativa

É definida como sendo a relação entre a pressão parcial do vapor d'água na mistura e a pressão de saturação correspondente à temperatura de bulbo seco da mistura e pode ser determinada pela equação (1):

$$\frac{\text{pressão de saturação da água em função da temperatura}}{\text{pressão parcial do vapor da água}} \quad (1)$$

2.3.2.8 Volume específico

É definido como o volume ocupado pela mistura ar seco e vapor d'água por unidade de massa de ar seco.

2.3.2.9 Entalpia para o Ar Úmido

É a energia do ar úmido por unidade de massa de ar seco, acima de uma temperatura de referência. Visto que somente a diferença de entalpia é de interesse prático da engenharia, o valor escolhido para a temperatura de referência torna-se irrelevante, desde que este seja mantido constante durante toda a análise.

É dada pela contribuição isolada da entalpia do ar seco e do vapor d'água, dada a hipótese de validade de gases perfeitos. Conforme equação (2).

$$h = h_a + w * h_v \quad (2)$$

onde:

h_a	= entalpia do ar seco	[kJ/kg]
w	= umidade específica da mistura	[]
h_v	= entalpia do vapor d'água	[kJ/kg]

2.3.3 Diagrama Psicrométrico

As propriedades termodinâmicas da mistura ar seco e vapor d'água que constituem o ar atmosférico podem ser convenientemente apresentadas em forma de diagramas denominados Diagramas Psicrométricos ou Cartas Psicrométricas, elaborados de acordo com a pressão atmosférica.

Há diferentes diagramas psicrométricos em uso. Os gráficos diferem com respeito à pressão barométrica, faixa de temperaturas, números de propriedades incluídas, escolha das coordenadas e temperatura de referência para a entalpia. Os dois principais diagramas usados são o *Diagrama de Carrier* e o *Diagrama de Mollier*. O Diagrama de Mollier, mostrado na figura 5 possui a razão de umidade e entalpia como coordenadas.

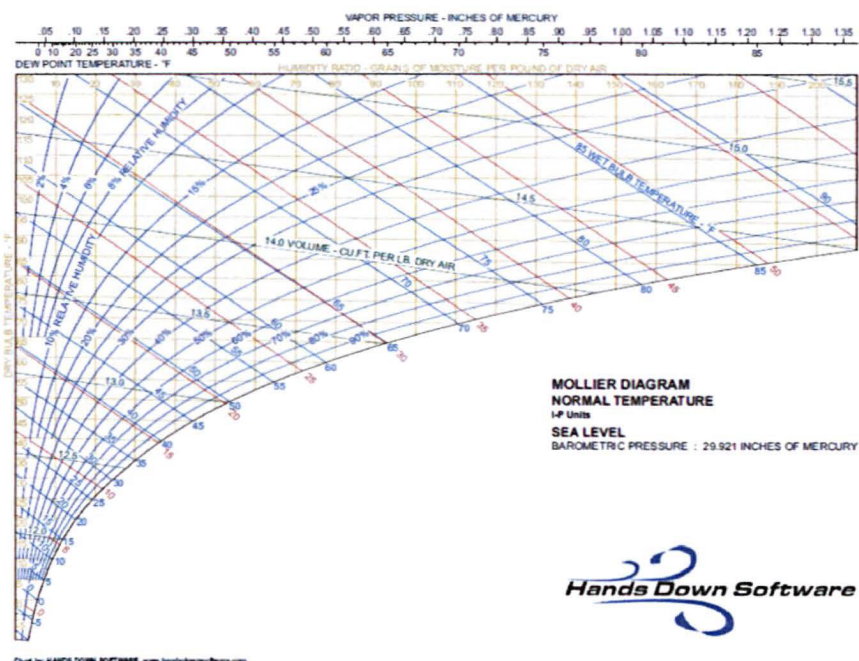


FIGURA 5 - Exemplo de diagrama de Mollier para ar úmido
Fonte: (Wikipedia)

A figura 6 mostra o Diagrama de Carrier (também denominado Carta Psicrométrica) onde a razão de umidade e/ou pressão de vapor representam uma das coordenadas, sendo traçada versus a temperatura de bulbo seco juntamente com uma outra coordenada oblíqua, a entalpia.

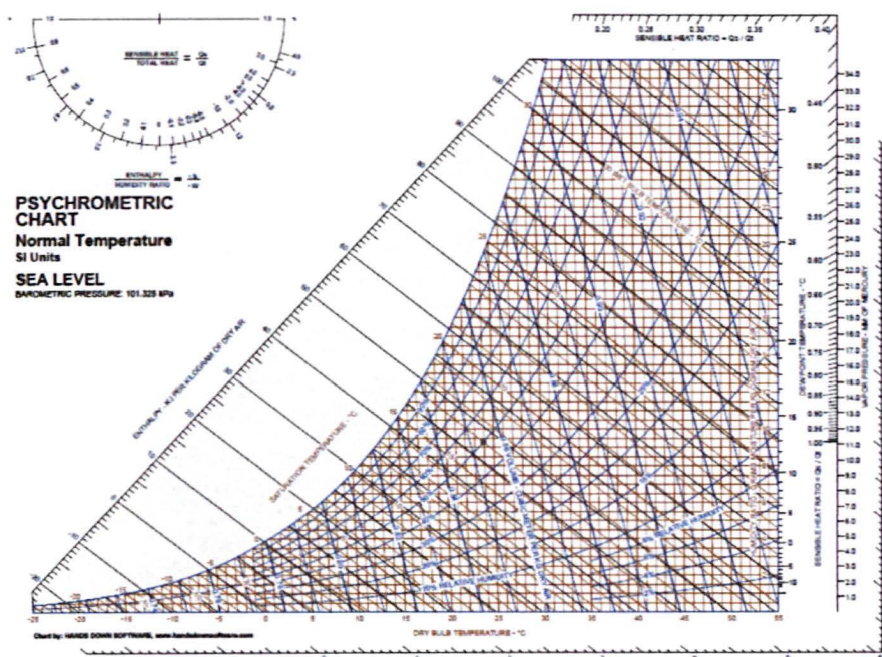


FIGURA 6 - Exemplo de diagrama de Carrier para ar úmido
Fonte: (Wikipedia)

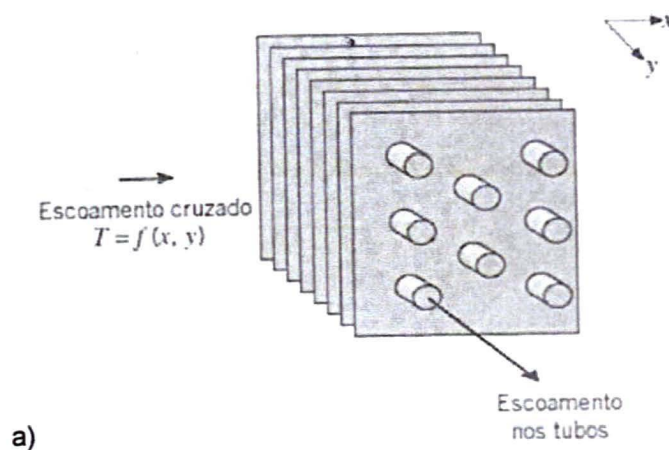
2.4 TROCADORES DE CALOR

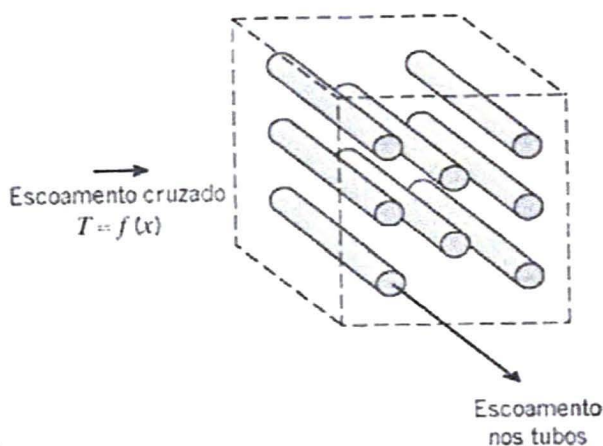
Tipicamente os trocadores de calor são classificados em função da configuração do escoamento e do tipo de construção. Podendo ser do tipo:

- Concêntrico, ou bi tubular – com escoamento no mesmo sentido ou sentidos opostos;
- Paralela, onde os fluidos quente e frio entram pela mesma extremidade; escoam no mesmo sentido e deixam o trocador pela mesma extremidade;
- Contracorrente: os fluidos entram por extremidades opostas, escoam em sentidos opostos e deixam o trocador por extremidades opostas.
- Cruzado: um fluido escoar perpendicularmente ao outro, com ou sem aletas.

Por representarem maior parte dos trocadores empregados em climatização, assim como por fazerem parte do escopo do trabalho, apenas os trocadores de escoamento cruzado serão explanados com maior conteúdo.

A presença ou não das aletas, diferencia os componentes por uma idealização, que trata do escoamento dos fluidos sobre os tubos, como misturados ou não misturados, pois as aletas impedem o movimento na direção “y”, como mostrado na figura 7, ou seja, a temperatura do fluido varia apenas nos eixos “x” e “y”.





b)

FIGURA 7 - Trocadores de calor com escoamento cruzado

a) Aletados com ambos os fluidos não misturados; b) não aletados, com um fluido misturado.

FONTE: (INCROPERA, et al., 2008, p. 425)

2.4.1 Coeficiente global de transferência de calor

Considerada uma etapa essencial, porém frequentemente a mais imprecisa, de qualquer análise de trocadores de calor (INCROPERA, et al., 2008), baseia-se em fundamentos teóricos da transferência de calor, e pode ser obtida pela equação (3).

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_0 h A)_f} + \frac{R''_{d,f}}{(\eta_0 A)_f} + \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2\pi k L} + \frac{R''_{d,q}}{(\eta_0 A)_q} + \frac{1}{(\eta_0 h A)_q} \quad (3)$$

onde:

$$\eta_0 = 1 - \frac{A_a}{A} (1 - \eta_a) \quad (4)$$

que considerando adiabática uma das extremidades da aleta:

$$\eta_a = \frac{\tanh\left[m\left(L_c + \frac{t_f}{2}\right)\right]}{m\left(L_c + \frac{t_f}{2}\right)} \quad (5)$$

e:

$$m = \sqrt{\frac{2h}{kt_f}} \quad (6)$$

onde:

Subscritos "f" e "q" representam os fluidos frio e quente

$R''_{d.}$	= Fator de deposição ou incrustamento	[]
h	= Coeficiente de transferência térmica por convecção	[W/m².K]
U	= Coeficiente global de transferência de calor	[W/m².K]
A	= Área superficial	[m²]

L	= Comprimento total dos tubos	[m]
k	= Condutividade térmica	[W/m.K]
D_e e D_i	= Diâmetro externo e interno da tubulação	[m]
η_0	= Eficiência global da superfície	[]
L_c	= Comprimento da aleta	[m]
t_f	= Espessura da aleta	[m]

E para o caso de desconsiderarmos os efeitos de incrustação, e também não existência de aletas no lado interno das tubulações, a equação (3) pode ser simplificada para:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_0 hA)_f} + \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2\pi kL} + \frac{1}{(hA)_q} \quad (7)$$

Porém apesar da possibilidade de uso das equações (4), (5) e (6) para sua solução, ainda assim exige o uso de grandezas empíricas, e propriedades de escoamento e transferência de calor, que nem sempre refletem a realidade, e por isso este método é considerado um dos mais imprecisos na prática.

2.4.2 Uso da Média Logarítmica das diferenças de temperatura

Trata-se de um método mais preciso, porém limitando-se a trocadores de calor onde não ocorre mudança de fase dos fluidos, tendo como objetivo prever o desempenho de um trocador de calor relacionando à taxa de transferência de calor com grandezas tais como: as temperaturas de entrada e saída de ambos os fluidos, o coeficiente global de transferência de calor e a área total disponível para troca térmica.

A partir do balanço global da energia em ambos os fluidos, como ilustrado na figura 8, a seguinte relação é facilmente obtida:

$$q = m'(h_2 - h_1) \quad (8)$$

onde:

q	- taxa de transferência de calor	[W]
m'	- vazão mássica de fluido através do trocador	[kg/s]
h_2	- entalpia do fluido após o trocador	[kJ/kg]
h_1	- entalpia do fluido antes do trocador	[kJ/kg]

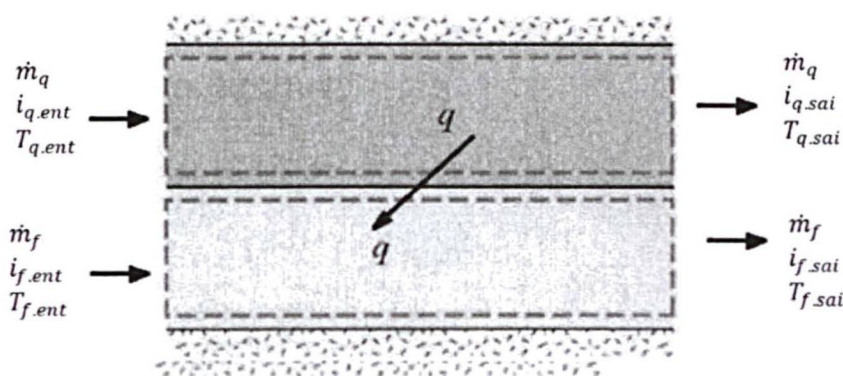


FIGURA 8 - Balanço de energia global, para ambos os fluidos
 FONTE: (INCROPERA, et al., 2008)

Considerando que ambos os fluidos não passam por mudança de fase¹, e que seus calores específicos são constantes, a equação (8) pode ser reduzida á:

$$q = m' c_p (T_2 - T_1) \quad (9)$$

Ambas as equações (8) e (9) são independentes da configuração do escoamento e do tipo de trocador de calor (INCROPERA, et al., 2008).

A partir da lei de resfriamento de Newton, empregando o coeficiente de transferência global, no lugar do único coeficiente de transferência de calor, e principalmente levando em consideração que o $\Delta T = (T_2 - T_1)$ varia com a posição no trocador de calor, é possível obter-se a seguinte correlação:

$$q = UA \Delta T_m \quad (10)$$

Onde ΔT_m é uma média apropriada da diferença entre as temperaturas, devido ao fato de a diferença entre estas variar ao longo do trocador, como ilustrado na figura 9.

Desta maneira, as equações (9) e (10) podem ser utilizadas em conjunto para efetuar uma análise do trocador de calor. Contudo antes se faz necessário o estabelecimento de uma forma específica de ΔT_m .

Através da análise dos perfis de temperatura de ambos os fluidos (exemplificado na figura 9), considerando caso a caso a configuração de escoamento e tipo de trocador, é possível obter-se uma correlação matemática de ΔT_m . Para isso basta aplicar um balanço de energia (equação (9)) em elementos

¹ Não reflete o caso analisado, pois este constitui um evaporador onde ocorre mudança de fase.

diferenciais em ambos os fluidos, levando-se em consideração que o trocador encontra-se isolado termicamente, e que a mudança de energia potencial e cinética é desprezível.

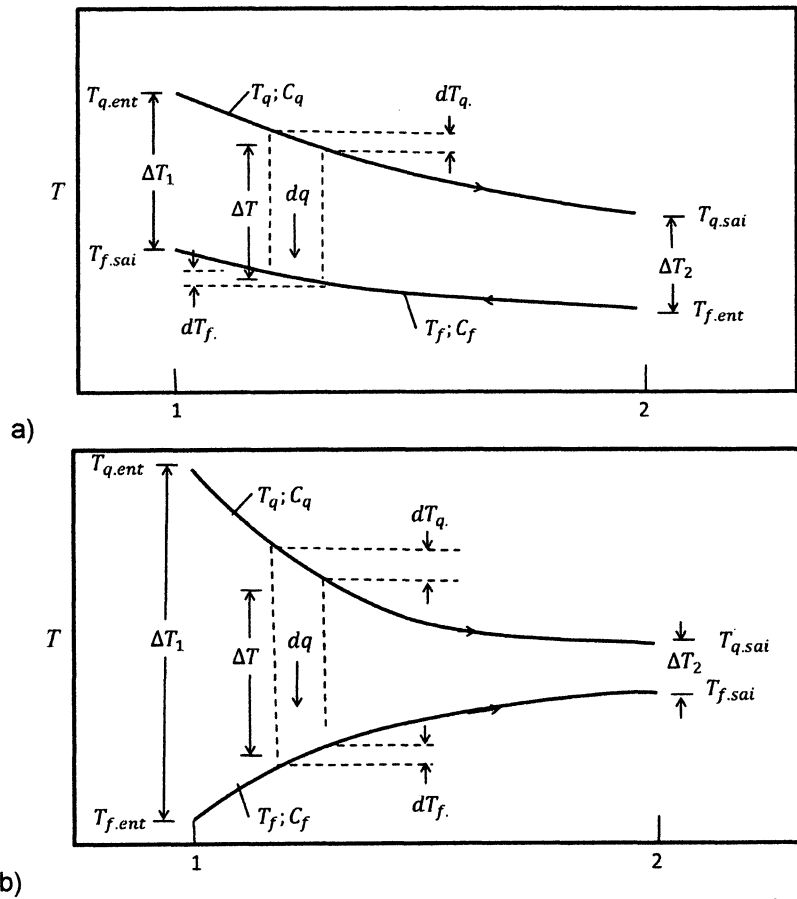


FIGURA 9 - Distribuição de temperaturas ao longo de um trocador
a) Escoamento paralelo; b) Escoamento em contra corrente. FONTE: (INCROPERA, et al., 2008)

Ao final de um processo de integração ao longo do trocador de calor, obtém-se a seguinte correlação logarítmica para o ΔT_m .

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \quad (11)$$

Sendo que para cada tipo de escoamento ocorrem as seguintes correlações:

2.4.2.1 Escoamento Paralelo:

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= T_{q,ent} - T_{f,ent} \\ \Delta T_2 &= T_{q,sai} - T_{f,sai} \end{aligned} \quad (12)$$

2.4.2.2 Escoamento em contra corrente:

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= T_{q.ent} - T_{f.sai} \\ \Delta T_2 &= T_{q.sai} - T_{f.ent}\end{aligned}\tag{13}$$

2.4.2.3 Múltiplos Passes e com Escoamento Cruzado

Embora as condições de escoamento em trocadores de calor com múltiplos passes ou com escoamento cruzado sejam mais complexas, as equações (10) e (11) continuam válidas, porém se faz necessário o uso de um fator de correção, como se segue:

$$\Delta T_m = F \cdot \Delta T_{m,CC}\tag{14}$$

onde:

$$\begin{aligned}\Delta T_{m,CC} &= \text{Temperatura média logarítmica para Contra} & [^{\circ}\text{C}] \\ &\text{Corrente, obtido pela equação (13)} \\ F &= \text{Fator de correção obtido graficamente} & [\quad]\end{aligned}$$

A figura 10 exemplifica o método de obtenção do fator de correção, neste caso, para um trocador de calor de escoamento cruzado, com passe único, com um fluido misturado e o outro não-misturado, que condiz com o equipamento analisado. Lembrando-se da existência de gráficos para os mais diversos tipos de trocadores e padrões de escoamento.

A utilização do gráfico é feita através do cálculo das variáveis “R” e “P”, cujas equações são particulares de cada caso, e apresentadas junto aos gráficos, nelas a variável “t” refere-se ao fluido no interior dos tubos, enquanto “T” refere-se ao fluido externo aos tubos.

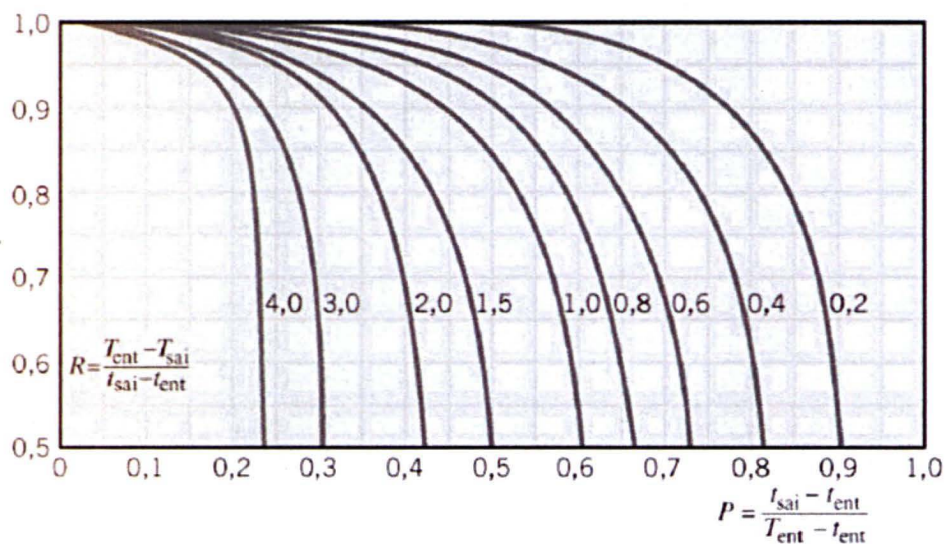


FIGURA 10 - Fator de correção para trocador de calor de escoamento cruzado com passe único, um fluido misturado e o outro não-misturado. FONTE: (INCROPERA, et al., 2008)

2.4.3 Método da Efetividade – NUT

Método empregado quando nem todas as temperaturas de entrada e saída dos fluidos são conhecidas. Neste caso, primeiramente se calcula a taxa de transferência máxima possível $q_{máx}$, que com uma rápida análise do comportamento do perfil de temperaturas ao longo do comprimento de um trocador de calor em contra corrente, podemos chegar a seguinte equação:

$$q_{máx} = C_{min} (T_{q.ent} - T_{f.ent}) \quad (15)$$

onde: C_{min} é o menor resultado possível para o produto de m' e cp para ambos os fluidos.

Possibilitando definir a efetividade " ε ", como sendo:

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{máx}} \quad (16)$$

E, através de algebrismo simples, chega-se a:

$$q = \varepsilon C_{min} (T_{q.ent} - T_{f.ent}) \quad (17)$$

Sendo possível demonstrar que para qualquer trocador de calor:

$$\varepsilon = f(NUT, C_{min} / C_{máx}) \quad (18)$$

onde: NUT é o número de unidades de transferência, dado pela equação (19)

$$NUT = \frac{UA}{C_{\min}} \quad (19)$$

É possível a determinação algébrica de equações explícitas para a determinação de ε e NUT . As equações (20) a (23) referem-se respectivamente a estes cálculos, considerando o tipo de trocador e regime de escoamento tema deste trabalho – escoamento cruzado, com um fluido misturado (tubos) e outro não misturado devido à presença das aletas.

p/ $C_{\max_{\text{misturado}}}, C_{\min_{\text{não-misturado}}}$

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{C_r}\right) (1 - \exp\{-C_r[1 - \exp(-NUT)]\}) \quad (20)$$

$$NUT = -\ln \left[1 + \left(\frac{1}{C_r}\right) \ln(1 - \varepsilon C_r) \right] \quad (21)$$

p/ $C_{\min_{\text{misturado}}}, C_{\max_{\text{não-misturado}}}$

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{C_r}\right) (1 - \exp\{-C_r[1 - \exp(-NUT)]\}) \quad (22)$$

$$NUT = -\left(\frac{1}{C_r}\right) \ln[C_r \ln(1 - \varepsilon C_r)] \quad (23)$$

onde:

$$C_r = C_{\min} / C_{\max}$$

As equações 20 a 23 podem ser representadas graficamente como segue na figura 11.

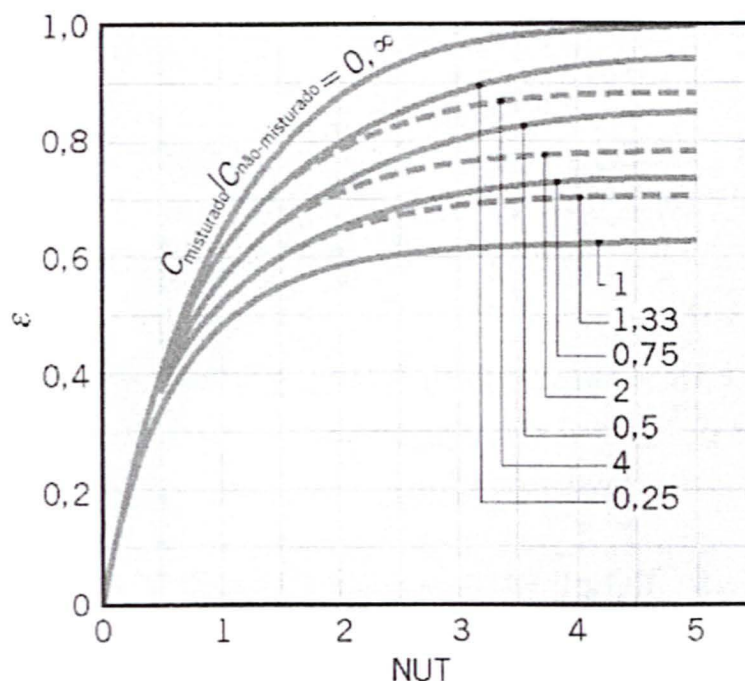


FIGURA 11 - Gráfico para determinação da taxa de transferência de calor
Método da efetividade para trocadores de escoamento cruzado com um fluido misturado e outro não.
FONTE: (INCROPERA, et al., 2008)

2.5 NORMAS DE ENSAIO

Alguns métodos tradicionais de ensaio de trocadores de calor empregados em sistema de climatização ou refrigeração são definidos pelas entidades técnicas competentes, dentre elas a ABNT.

2.5.1 NBR 15371 e NBR 15627-1

As normas NBR 15371 e NBR 15627-1 estabelecem a classificação, os requisitos mínimos de desempenho, os ensaios, e as informações de catálogo e de identificação para evaporadores tipo circulação forçada e condensadores a ar para equipamentos de refrigeração, respectivamente. Sendo padronizadas as características a serem informadas ao consumidor, sua forma e unidades de medida. Tolerâncias de $\pm 5\%$ são permitidas para qualquer equipamento comercializado.

2.5.2 NBR 15627-2: 2008

Uma importante referência para este trabalho é NBR 15627-2, que prescreve métodos de ensaio em laboratório para condensadores remotos de fluidos refrigerantes resfriados por circulação forçada de ar, utilizados em refrigeração e climatização². Esta norma determina a realização de um ensaio principal e outro de confirmação para determinar a capacidade de condensadores comercializados no mercado nacional.

O ensaio principal desta norma baseia-se na vazão mássica (que pode ser determinada por leitura direta em equipamento apropriado) e na determinação da variação da entalpia do fluido refrigerante (determinado pela medida precisa da pressão e temperatura, caracterizando seu estado termodinâmico), ou por métodos indiretos; ambas as medições são realizadas a montante e jusante do equipamento em análise.

O ensaio de confirmação consiste na execução de um dentre cinco ensaios. Alguns baseados na potência elétrica consumida na compressão do fluido, na potência elétrica introduzida ao calorímetro, ou na taxa de rejeição de calor no evaporador (sala de ensaio). Ainda pode-se optar pelo emprego de compressor calibrado ou placas de orifício calibradas.

Devido às limitações técnicas das instalações disponíveis, este trabalho será baseado no método do calorímetro de ar, relacionado ao item 5.2.3 desta norma.

Além disto, a NBR 15627-2 especifica os instrumentos de medição considerados tecnicamente adequados a estes ensaios, assim como sua precisão e demais características.

Outro procedimento de ensaio definido nesta norma considerado de grande relevância a este trabalho, e que foram considerados durante a execução dos ensaios é a sua duração, que resumidamente deve consistir em: seis medições realizadas em intervalos de 10 minutos. Para cada uma das seis medições, um conjunto completo de leituras de todos os instrumentos deve ser feita a intervalos de

² Apesar de esta norma ser específica para condensadores, por ser a tecnicamente mais completa, dentre as conhecidas pelo autor e orientador, foi adotada como referência.

30 segundos, num total de 5 minutos, totalizando 11 leituras, das quais até duas podem ser descartadas por se encontrarem fora das faixas de tolerância.

2.5.3 NBR 13033

Apresenta os requisitos para a construção de calorímetros utilizados em ensaios de condicionadores de ar, definindo dimensões, materiais e métodos construtivos, em funções da capacidade do equipamento a ser analisado.

3 METODOLOGIA

Este é um trabalho de pesquisa científica de natureza experimental onde os fenômenos termodinâmicos foram identificados de forma analítica. As capacidades de refrigeração são definidas em função dos parâmetros de operação e projeto, das vazões mássicas de ar e dos seus dados psicrométricos, conforme segue.

Para a determinação da capacidade de refrigeração do sistema visando avaliar o seu desempenho, o procedimento experimental começa com a medição da vazão de ar frio, " \dot{V} " no evaporador utilizando-se de um termo anemômetro. A seguir obtêm-se as entalpias do ar para o estado psicrométrico em questão, a partir da medição das temperaturas de bulbo seco e da umidade relativa utilizando-se de termistores e sensores de umidade relativa, instalados no insuflamento e na tomada de ar na unidade evaporadora. Para facilitar a leitura e obter valores homogêneos das variáveis, dutos de insuflamento foram fabricados, viabilizando a transição da área retangular do evaporador (80 x 600 cm) para uma área quadrada (220 x 220 mm) adequada à aquisição dos dados. A capacidade de refrigeração foi então dada pela equação:

$$\dot{Q}_e = \frac{\dot{V}}{v} * (h_{ins} - h_{ret}) \quad (24)$$

onde:

\dot{V}	= vazão volumétrica de ar	m^3/s
v	= volume específico do ar	m^3/kg
h_{ins}	= entalpia do ar de insuflamento - $f(T_{ins}, \phi_{ins})$	$[\text{kJ}/\text{kg}]$
h_{ret}	= entalpia do ar de retorno - $f(T_{ret}, \phi_{ret})$	$[\text{kJ}/\text{kg}]$

Após os cálculos apresentados acima, determinou-se a eficiência do sistema baseado na 1ª Lei da Termodinâmica. O coeficiente de desempenho (COP), do sistema pode ser representado por:

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{P_{cp}} \quad (25)$$

onde:

COP	= Coeficiente de Performance	$[-]$
\dot{Q}_e	= capacidade de refrigeração	$[\text{kJ}/\text{s}]$ ou $[\text{kW}]$
P_{cp}	= potência consumida pelo compressor	$[\text{kJ}/\text{s}]$ ou $[\text{kW}]$

A potência consumida pelo compressor foi obtida pela diferença da potência elétrica total empregada para o funcionamento do equipamento (e consequentemente para o compressor) em regime permanente, pela potência necessária para operar os demais componentes elétricos (ventiladores e circuitos eletrônicos), ou seja, a potência necessária para operar o sistema, sem que este esteja realizando trabalho útil (compressão de fluido refrigerante) sendo representada por:

$$P_{cp} = P_{elTotal} - P_{elVazio} \quad (26)$$

onde:

P_{cp}	= potência consumida pelo compressor	[kJ/s] ou [kW]
$P_{elTotal}$	= potência elétrica total consumida pelo sistema	[kW]
$P_{elVazio}$	= potência elétrica em vazio (catálogo)	[kW]

Ambas as potências elétricas consumidas foram obtidas através da média de seis leituras diretas de um Wattímetro digital em intervalos de 30 segundos, quando do funcionamento em regime permanente do sistema.

3.1 PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO AR

Todos os cálculos psicrométricos foram realizados baseando-se na pressão atmosférica padrão de Curitiba, 90,88kPa (ASHRAE, 2001), para isso foi utilizada uma planilha eletrônica (Microsoft Excel™), a qual teve adicionado um pacote de fórmulas e equações (Add-in) denominado iGet Psyched™, fornecido pela kWEngineering³. Desta forma, o software Microsoft Excel passou a ter funções de cálculos referentes às propriedades termodinâmicas do ar, possibilitando que todos os cálculos fossem realizados computacionalmente, incluindo a análise de incertezas das grandezas em questão..

A figura 12 representa a tela de entrada de dados do software Excel™ complementado pelo Add-in iGet Psyched™. Onde definida a propriedade do ar desejada, e incorporados os valores mensurados de temperatura, pressão

³ A kWEngineering desenvolvedora do pacote "Add-in" denominado iGet Psyched, é uma empresa de engenharia americana que atua no ramo de eficiência energética e energias renováveis desde 1998, tendo desenvolvido este pacote, disponibilizando-o como versão demonstrativa temporária (60 dias) gratuitamente na internet, com toda a base matemática fundamentada em correlações divulgadas pela ASHRAE(kW Engineering).

atmosférica e umidade relativa (opcionalmente poderiam ser usadas a temperatura de bulbo úmido ou ponto de orvalho), esta é calculada iterativamente.

Argumentos da função

Enthalpy

T	R13+T13	= 39,99928649
P	\$E\$3	= 90,88
Situation	3	= 3
StateVar	(B13+D13)/100	= 0,73458
UnitsSI	1	= 1

= 141,8143968

Calculates enthalpy (Btu/lb or kJ/kg) based on T (F or C), P (psia or kPa) and a state variable. The variable can be wet bulb (Situation=1), dew point (Situation=2), or relative humidity (Situation=3).

UnitsSI

Resultado da fórmula = 141,81

[Ajuda sobre esta função](#)

OK Cancelar

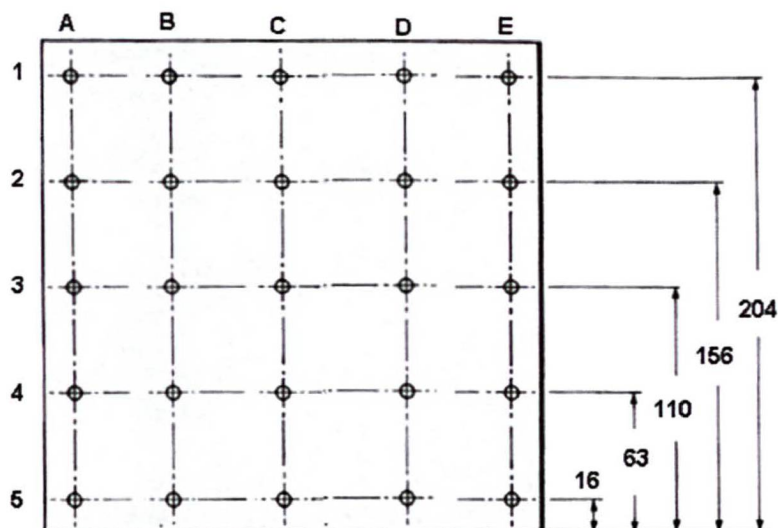
FIGURA 12 - Tela de entrada de dados do Add-in iGet Psyched™

3.2 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CORREÇÃO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

Para a determinação mais precisa da velocidade de escoamento, levando em consideração os efeitos da viscosidade do ar e do atrito deste com as paredes do duto, foi obtido experimentalmente um coeficiente de correlação a ser aplicado na leitura pontual da velocidade durante os ensaios.

O método descrito no anexo 1 tem como base a regra de log-Tchebycheff (ISO Standard 3966), que consiste na leitura de um determinado número de pontos, formando uma grade em toda área de escoamento, pontos estes cuja posição é definida pela regra, de modo que a média de todos estes pontos corresponda a velocidade média do escoamento.

Para o duto fabricado, o local de leitura da velocidade possui formato quadrado de 220 x 220 mm, e a partir do descrito no anexo 1 temos a necessidade de uma grade de 5 x 5 pontos (totalizando 25 pontos de leitura) seguindo a disposição mostrada na figura 13.



No. of Points for Traverse Lines	Position Relative to Inner Wall
5	0.074, 0.288, 0.500, 0.712, 0.926
6	0.061, 0.235, 0.437, 0.563, 0.765, 0.939
7	0.053, 0.203, 0.366, 0.500, 0.634, 0.797, 0.947

Log-Tchebycheff rule for rectangular ducts

FIGURA 13 - Grade de leituras da velocidade, para determinação da velocidade média do escoamento.

O levantamento dos pontos empregando mesmo equipamento (termo anemômetro) usado durante os ensaios, ocorreu nas duas faixas de velocidade do ventilador empregadas durante os ensaios, e a razão entre a leitura no ponto central pela média das leituras consistiu num coeficiente de correção a ser aplicada durante os cálculos de performance do sistema. A figura 14 mostra uma destas leituras.

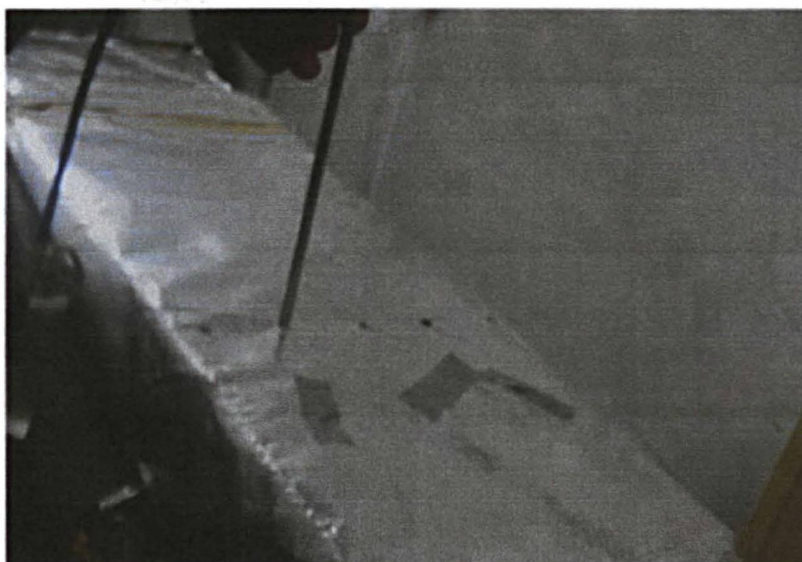


FIGURA 14 - Leitura da velocidade de escoamento na grade de pontos

3.2.1 Fator de correção da velocidade do escoamento do ar

Através do procedimento descrito no item 3.2, foram elaboradas duas planilhas correspondentes às figuras 15 e 16, uma para cada velocidade do ventilador, nas quais foram inseridas cinco leituras de velocidade para cada um dos 25 pontos analisados.

Velocidade exaustor: Alta		Coeficiente (média/C3')= 0,8089																								
Ponto	A1	B1	C1	D1	E1	A2	B2	C2	D2	E2	A3	B3	C3	D3	E3	A4	B4	C4	D4	E4	A5	B5	C5	D5	E5	Média geral
1	3,15	3,40	3,15	3,20	2,75	3,50	3,59	4,20	3,63	3,32	3,40	4,15	4,35	4,12	3,45	3,25	3,70	4,15	3,69	3,36	2,95	3,26	3,42	3,26	3,06	
2	2,95	3,25	3,25	3,15	2,68	3,29	3,36	4,15	3,82	3,46	3,25	4,06	4,26	4,13	3,35	3,22	3,65	4,06	3,65	3,45	3,06	3,35	3,36	3,24	3,15	
3	2,75	3,15	3,40	3,02	2,90	3,40	3,65	4,10	3,79	3,35	3,15	4,23	4,28	4,03	3,27	3,35	3,55	4,13	3,75	3,25	3,07	3,21	3,26	3,26	2,96	
4	2,68	2,95	3,00	3,25	3,10	3,25	3,49	4,15	3,69	3,46	3,35	4,26	4,23	4,02	3,19	3,29	3,59	4,05	3,72	3,26	3,15	3,19	3,30	3,27	3,16	
5	2,90	3,18	3,30	3,26	2,98	3,15	3,56	4,00	3,76	3,25	3,46	4,15	4,27	4,10	3,29	3,19	3,56	3,95	3,56	3,35	3,16	3,16	3,41	3,22	3,04	
MÉDIA PONTUAL	2,89	3,19	3,22	3,18	2,88	3,32	3,53	4,12	3,74	3,37	3,32	4,17	4,28	4,08	3,31	3,26	3,61	4,07	3,67	3,33	3,08	3,23	3,35	3,25	3,07	3,46

FIGURA 15 - Determinação do fator de correção da velocidade para ventilador em Alta velocidade

Velocidade exaustor:		Média		Coeficiente (média/C3')=										0,8229												
Ponto	A1	B1	C1	D1	E1	A2	B2	C2	D2	E2	A3	B3	C3	D3	E3	A4	B4	C4	D4	E4	A5	B5	C5	D5	E5	Média geral
1	1,69	1,80	1,85	1,76	1,82	1,80	2,16	2,26	2,15	1,92	1,84	2,35	2,42	2,45	1,95	1,83	2,16	2,36	2,07	1,96	1,69	1,86	1,92	1,86	1,74	
2	1,73	1,84	1,95	1,84	1,76	1,84	2,19	2,31	2,17	1,84	1,92	2,39	2,42	2,39	1,99	1,86	2,17	2,34	2,15	1,86	1,79	1,87	1,87	1,84	1,76	
3	1,64	1,79	1,79	1,78	1,69	1,86	2,14	2,25	2,06	1,78	1,86	2,29	2,49	2,34	2,06	1,84	2,03	2,25	2,06	1,75	1,75	1,86	1,95	1,76	1,64	
4	1,76	1,86	1,92	1,94	1,76	1,92	2,15	2,36	2,15	1,89	1,96	2,37	2,37	2,37	1,92	1,88	2,15	2,36	2,19	1,86	1,74	1,95	1,88	1,85	1,59	
5	1,70	1,76	1,86	1,87	1,70	1,87	2,07	2,41	2,07	1,76	1,86	2,29	2,34	2,29	1,86	1,82	2,09	2,29	2,13	1,79	1,76	1,92	1,87	1,90	1,72	
MÉDIA PONTUAL	1,70	1,81	1,87	1,84	1,75	1,86	2,14	2,32	2,12	1,84	1,89	2,34	2,41	2,37	1,96	1,85	2,12	2,32	2,12	1,84	1,75	1,89	1,90	1,84	1,69	1,98

FIGURA 16 - Determinação do fator de correção da velocidade para ventilador em Média velocidade

De acordo com as figuras 15 e 16, o fator de correção da velocidade é representado pela relação entre a média geral (que é dada pela média das médias das cinco leituras dos vinte e cinco pontos analisados) e a média pontual (que é dada pela média das cinco leituras do ponto C3), ponto este correspondente àquele referenciado durante os ensaios.

4 APARATO EXPERIMENTAL

Todo o estudo experimental realizado para este trabalho empregou as instalações e equipamentos disponíveis no LMH (Laboratório de Máquinas Hidráulicas da UFPR) além do equipamento de climatização residencial adquirido para este fim.

4.1 EQUIPAMENTO ANALISADO

Os ensaios foram baseados em um conjunto split de climatização doméstica tipo somente frio. Conjunto este fabricado pela Springer®, da série Maxiflex™, com 12.000 btu/h de capacidade nominal de refrigeração. Composto por uma unidade evaporadora, modelo 42MCC012515LS e uma unidade condensadora, modelo 38MCC012515MS.

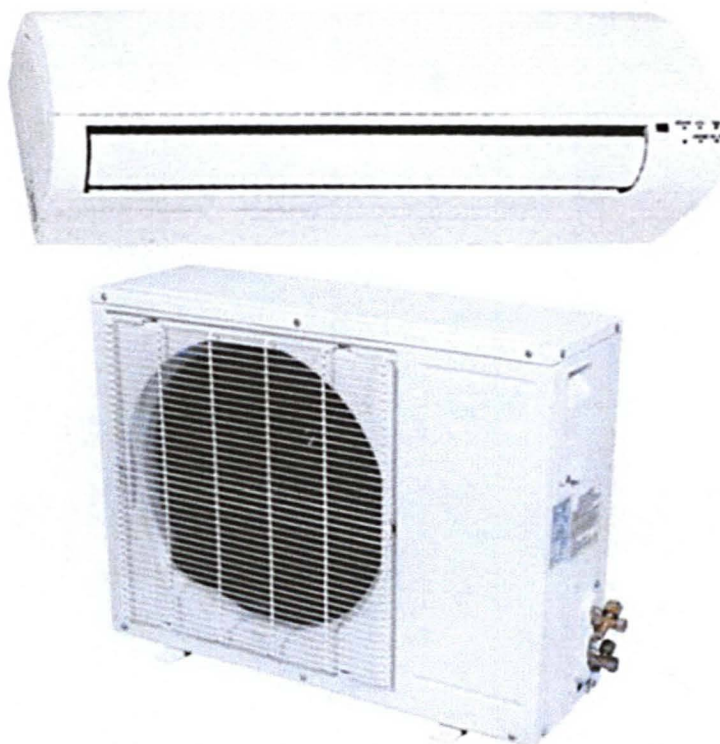


FIGURA 17 - Equipamento split analisado

Tal conjunto foi projetado para operar com fluido refrigerante R22, e tensão de alimentação de 220 V. Conforme dados do fabricante, seu consumo médio é de 1270 W, e seu COP é de 2,77.

Sendo desenvolvido para empregar como dispositivo de expansão um capilar devidamente dimensionado e instalado no interior da unidade condensadora, como mostrado na figura 18; além de empregar um compressor do tipo rotativo, seus ventiladores são do tipo siroco na unidade evaporadora e axial na unidade condensadora.

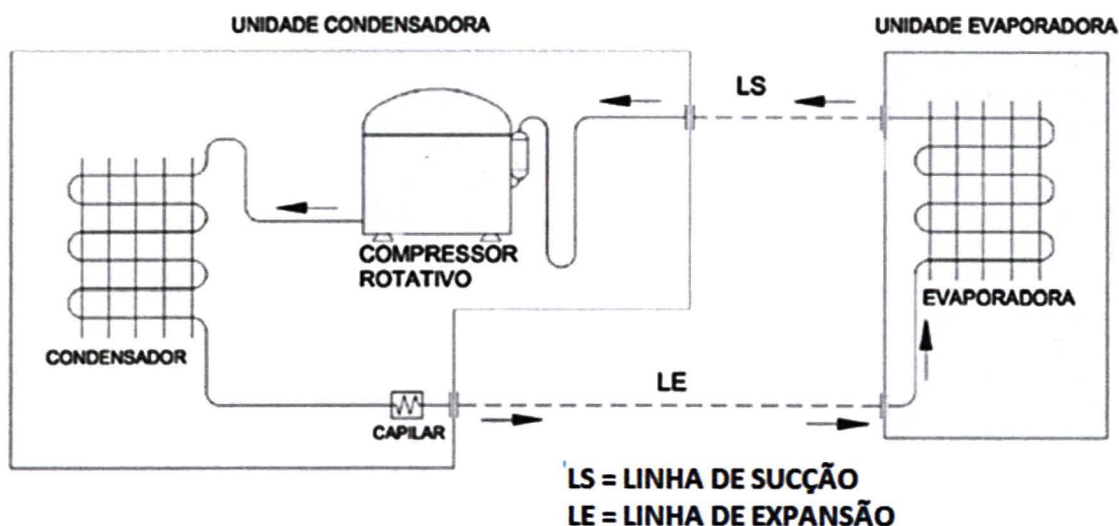


FIGURA 18 - Fluxograma frigorígeno do equipamento analisado
FONTE: (SPRINGER DO BRASIL, 2008).

A linha denominada pelo fabricante “linha de expansão”⁴, que compreende a ligação entre o dispositivo de expansão e a unidade evaporadora consiste de tubo de cobre de diâmetro nominal $\frac{1}{4}$ ”, enquanto a linha de sucção (linha entre compressor e unidade evaporadora) emprega tubos de cobre de diâmetro externo $\frac{1}{2}$ ”, sendo realizado isolamento térmico de ambas as linhas durante sua instalação, através do uso de tubos de espuma rígida.

A figura 19 mostra o esquema elétrico da unidade evaporadora, fornecido pelo seu fabricante, neste é possível visualizar os dois sensores de temperatura, responsáveis por desativar o compressor no caso de atingida a temperatura desejada no ambiente, ou de ocorrer risco de congelamento no evaporador.

⁴ Segundo (ASHRAE, 2001), considera-se energeticamente mais apropriada a instalação do dispositivo de expansão o mais próximo possível da unidade evaporadora. O fabricante opta por este sistema que gera maiores taxas de perda de energia térmica pela linha de líquido por motivos de segurança, afinal desta maneira a pressão do fluido no interior da tubulação é muito menor, reduzindo os riscos de vazamento.

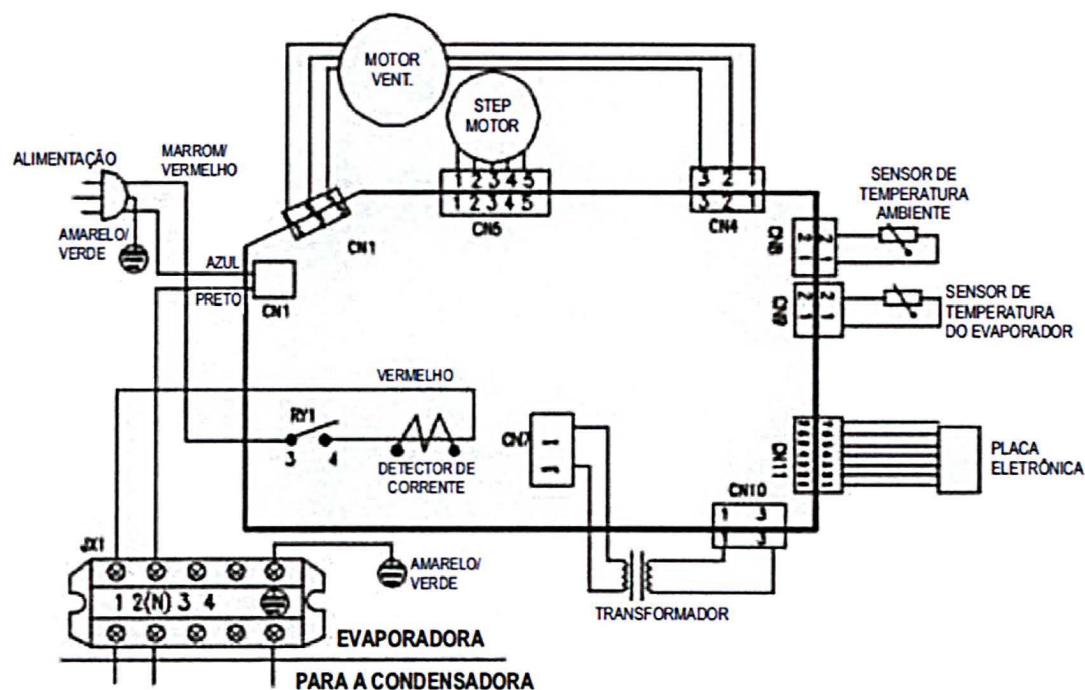


FIGURA 19 - Esquema elétrico da unidade evaporadora analisada.
FONTE: (SPRINGER DO BRASIL, 2008).

A figura 20, complementando a figura 19, mostra o esquema elétrico na unidade condensadora. Nele é possível visualizar os dois capacitores responsáveis pelo acionamento tanto do compressor como do seu exaustor, assim como a ligação elétrica do compressor.

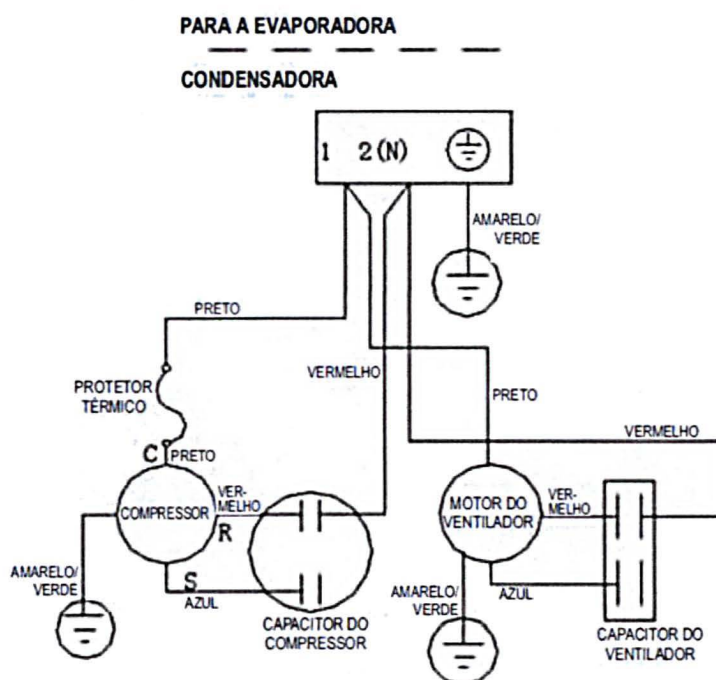


FIGURA 20 - Esquema elétrico da unidade condensadora analisada.
FONTE: (SPRINGER DO BRASIL, 2008).

4.1.1 Evaporador original

O evaporador empregado no equipamento analisado é do tipo serpentina tubular aletado de escoamento cruzado, com tubulação em cobre, de diâmetro 6,35mm [1/4"] e cerca de 25 aletas por polegada, aletas estas em alumínio de 0,1 mm de espessura, o que equivale a um $\phi_f=0,098$, conformadas de modo a envolver os tubos de cobre, não sendo unidas por qualquer processo de solda.

Como pode ser observado na figura 21 o equipamento em questão possui 20 tubos com 600 mm de comprimento, transversais ao fluxo de ar, unidos em suas extremidade de modo a formar dois circuitos independentes para circulação do fluido refrigerante, cada um deles representado com cores distintas nesta figura.

Trata-se de um evaporador de formato radial, minimizando o espaço ocupado pelo conjunto. Emprega um ventilador do tipo Siroco.



FIGURA 21 - Evaporador de tubos circulares original

4.2 PROJETO DE TROCADOR DE CALOR OTIMIZADO GLOBALMENTE

Baseado nos resultados de Matos (2003) e Mainardes (2007), a arquitetura ótima é dada por números adimensionais, definidos como:

$$(S/2b, e, \phi_f)_{ot} \cong (0,5; 0,6; 0,094^5).$$

onde:

e	= excentricidade do tubo, $e=b/a$	[]
$S/2b$	= espaçamento entre fileiras de tubos	[]
ϕ_f	= densidade adimensional de aletas, que é definida pela equação (27) - (MATOS, 2003) e (MAINARDES, 2007),.	[]

para:

$$\phi_f = \frac{t_f}{t_f + \delta} \quad (27)$$

onde:

t_f	= espessura das chapas das aletas	[m]
δ	= espaçamento entre aletas	[m]

A figura 22 mostra as grandezas geométricas que foram otimizadas por Matos(2003) e Mainardes(2007).

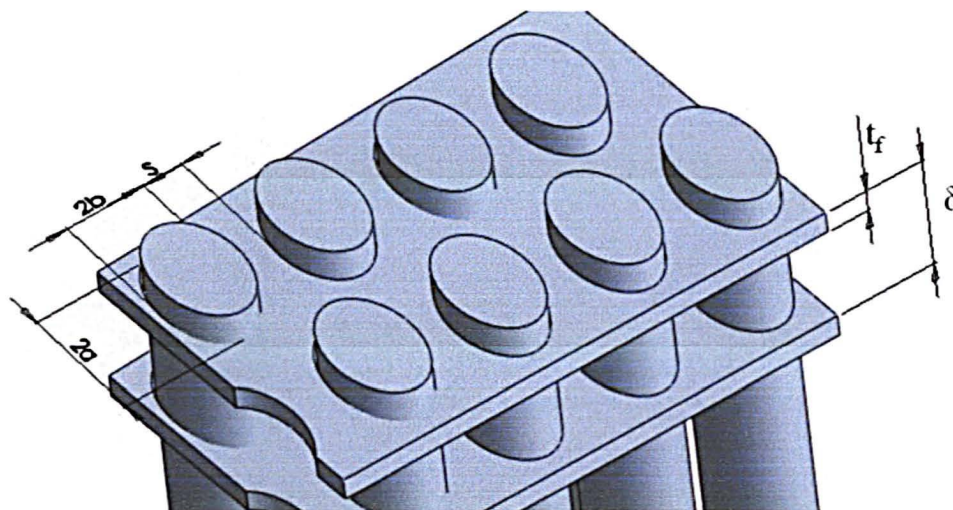


FIGURA 22 - Grandezas geométricas otimizadas

As dimensões do evaporador original foram mantidas, sendo fabricado o conjunto protótipo empregando mesma quantidade de tubos (vinte) que o original, porém separados entre si conforme as características geométricas otimizadas nos

⁵ Equivalente a 2,89mm - para uma espessura de chapa igual a 0,3mm e $\phi_f = 0,094$; ou seja, cerca de 8 aletas por polegada.

trabalhos anteriores. O resultado é apresentada na figura 23, geometria esta definida a partir de tubos de diâmetro externo 9,52mm (3/8"), que quando conformados na forma elíptica, correspondem a um eixo menor de 7mm mais próximo possível do diâmetro dos tubos empregados no evaporador de tubos circulares original de 6,35mm (1/4"), ou seja, o eixo menor da elipse possui dimensão próxima ao diâmetro de troca térmica do evaporador original.

Na figura 23 temos representadas as dimensões preliminares principais e uma comparação da geometria otimizada a ser empregada com o evaporador de tubos circulares original. Nota-se uma diferença visual entre ambos os trocadores, uma vez que para satisfazer as variáveis dimensionais do projeto, mantendo a mesma quantidade de tubos e dimensões de ambos os trocadores, em concordância com as características geométricas otimizadas globalmente, faz-se necessária a criação de três grupos de tubos distintos, ocupando de maneira racional toda a área disponível.

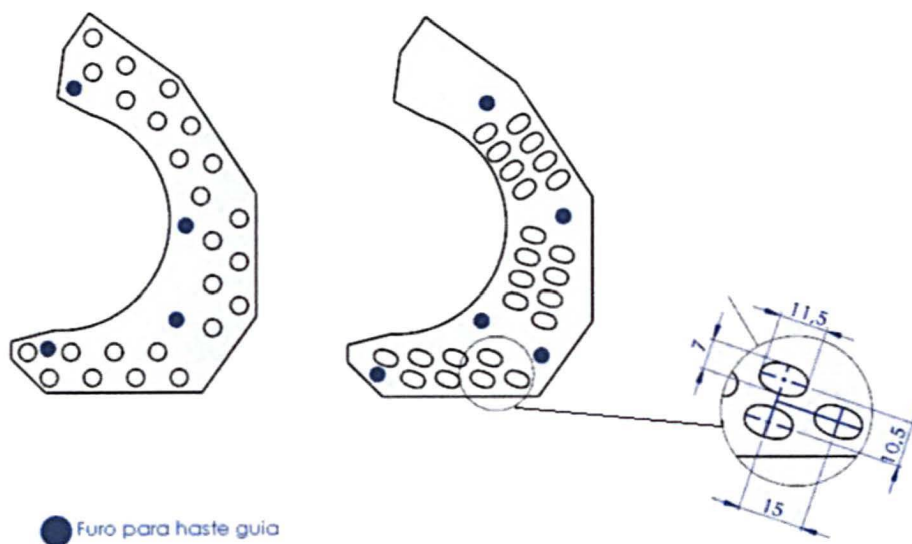


FIGURA 23 - Comparação em escala entre ambos trocadores.

Foi priorizada a disposição dos tubos de modo a manter o eixo maior da elipse aproximadamente alinhado com o fluxo de ar que entra na unidade evaporadora, disposição esta exemplificada na figura 24.

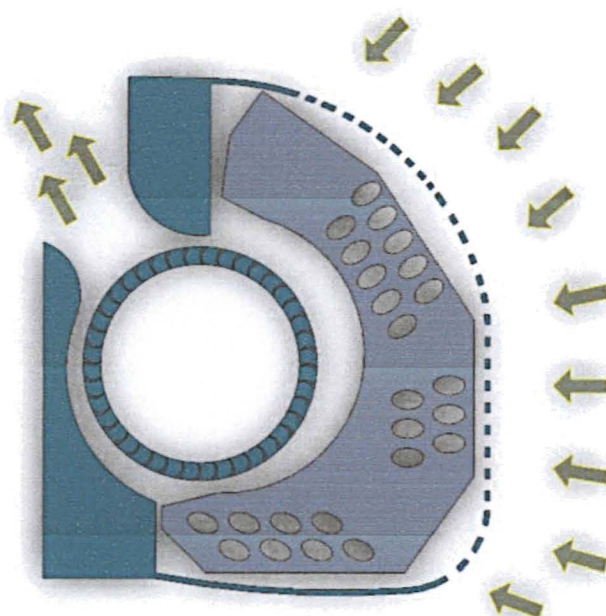


FIGURA 24 - Fluxo de ar no interior do evaporador

Com o objetivo de parametrizar de forma mais coerente, as análises deste trabalho, o circuito percorrido pelo fluido refrigerante no interior da tubulação foi devidamente seguido em ambos os trocadores protótipos, sem apresentar diferenças significativas entre estes e o trocador original.

4.3 PROTÓTIPO CIRCULAR PARA COMPARAÇÃO

Realizada a primeira bateria de ensaios, confirmou-se a necessidade de se fabricar um segundo conjunto protótipo, com a finalidade de obter parâmetros de comparação mais precisos. Portanto para evitar a comparação entre equipamentos fabricados com tecnologias distintas, foi fabricado um terceiro evaporador; empregando mesmo tubos (mesmo diâmetro e comprimento) e disposição do trocador original, porém com os mesmos processos de fabricação e união tanto das aletas como das extremidades dos tubos do primeiro protótipo, desta vez a partir de tubos circulares.

Desta forma, mantiveram-se os mesmos níveis de resistência térmica de contato e perdas de carga devido às extremidades conectadas / soldadas, possibilitando uma comparação mais eficiente dos conjuntos.

A figura 25 mostra este conjunto em fase de fabricação, detalhando a dimensão e disposição dos tubos circulares



FIGURA 25 - Conjunto protótipo circular em fase de montagem.

Com o intuito de se manter as características do trocador circular original, o trocador circular protótipo possui características geométricas similares ao original:

$$(S/2b; e; \phi_f)_{circ\ prot} \cong (2,6; 1; 0,094^6).$$

Sendo as características do trocador de calor circular original:

$$(S/2b; e; \phi_f)_{circ\ orig} \cong (2,6; 1; 0,098).$$

4.4 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Considerando os parâmetros otimizados definidos no item 4.2, foram fabricados 2 evaporadores protótipos, empregando como base tubos de cobre devidamente conformados e aletas de alumínio cortadas no formato adequado. Para serem comparados em uso com o evaporador original do sistema - figura 26

⁶ Mantida mesma disposição das aletas do trocador protótipo elíptico (espessura 0,3mm e densidade de 8 aletas / polegada)



FIGURA 26 - Imagem dos três evaporadores estudados

4.4.1 Conformação elíptica

Para a conformação elíptica dos tubos de cobre foi desenvolvido o dispositivo de rolos perfilados apresentado na figura 27, possibilitando a conformação gradual do tubo circular com diâmetro inicialmente igual a 9,52 mm [3/8"], até obter-se uma elipse de razão a/b desejada (0,6).

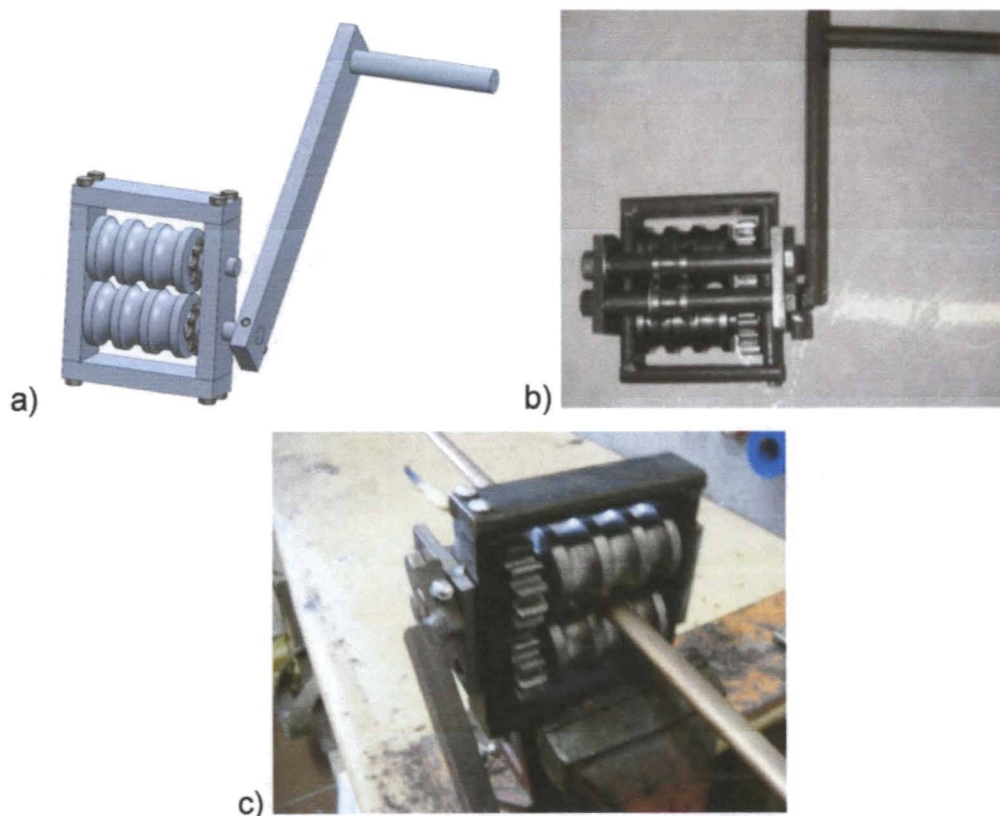


FIGURA 27 - Dispositivo de conformação de tubos
a) Imagem CAD; b) fotografia do dispositivo; c) dispositivo em uso

4.4.2 Conexões curvas com relação R/D apropriada

A confecção do evaporador se deu através da união por processo de solda tipo brasagem a base de estanho das extremidades dos tubos de cobre, empregando curvas 180°. Devido às particularidades geométricas desejadas, curvas disponíveis comercialmente não se mostraram adequadas, devido a sua maior relação R/D. Foram então fabricados componentes a partir de tubos de cobre Ø 7,94mm [5/16"], conformados empregando dispositivo confeccionado exclusivamente para este fim representados na figura 28, com o intuito de se obter uma relação raio/ângulo de dobra apropriado para as condições geométricas impostas.

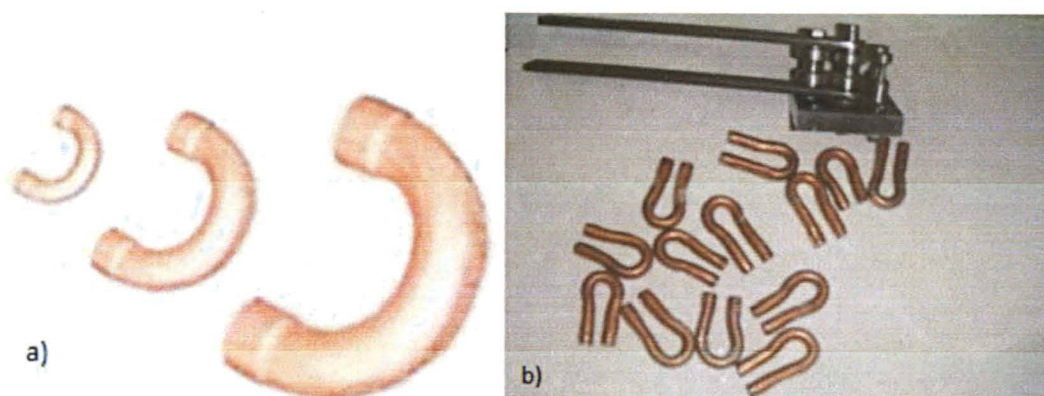


FIGURA 28 - Conexões de cobre
a) Curvas de cobre 180° disponíveis comercialmente; b) Dispositivo de conformação das curvas e curvas empregadas nos protótipos

A confecção das curvas em 180° ocorreu conforme sequência de imagens representada na figura 29, onde podemos visualizar o corte do tubo de cobre no comprimento de 120 mm, e posterior conformação de uma das suas extremidades de modo a possibilitar o preenchimento do tubo com areia extra fina, com a finalidade de evitar o amassamento radial e obstrução exagerada da seção transversal do tubo. Após inserida a areia extra fina a extremidade restante é também conformada de modo a tornar o tubo uma peça hermeticamente estanque, possibilitando seu posicionamento no dispositivo e início de sua conformação. Realizada a conformação, ambas as extremidades são cortadas, rebarbadas e a peça passa por um processo de limpeza interna, empregando ar comprimido e posteriormente água corrente.

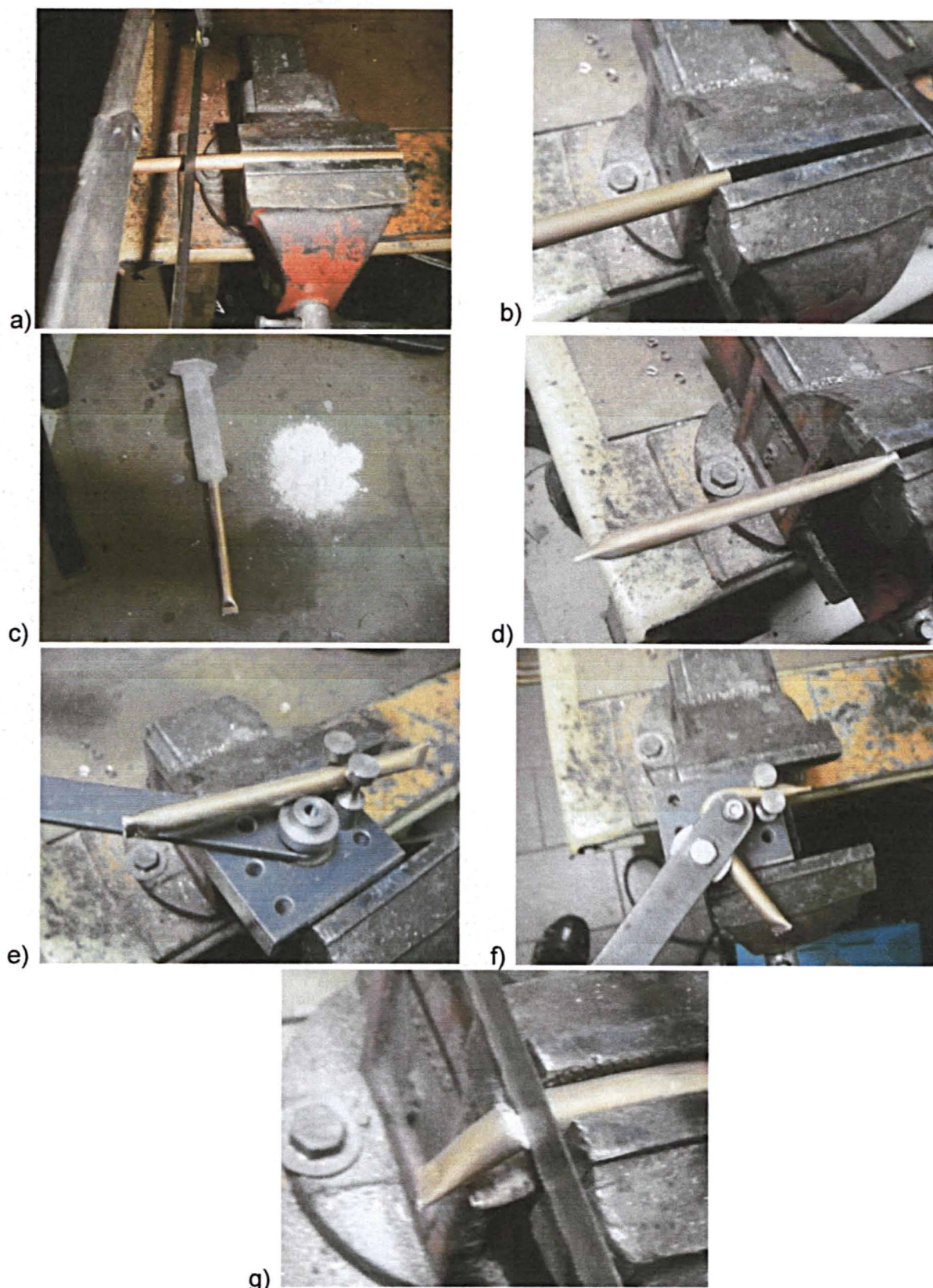


FIGURA 29 - Sequência de fabricação das curvas 180°
 a) corte do tubo; b) conformação de uma das extremidades; c) introdução de areia extra fina;
 d) conformação da extremidade restante; e) montagem do dispositivo de conformação; f) conformação
 da peça; g) corte das extremidades conformadas.

4.4.3 Conexões diversas

Para manter o mesmo percurso e vias de passagem do fluido se fez necessária a fabricação de conexões inexistentes no mercado, empregando processos de conformação e solda similares aos descritos no item 4.4.2. Na figura 30 é mostrada uma conexão tripla existente no conjunto ensaiado.



FIGURA 30 - Exemplo de fabricação de uma conexão diferenciada

4.4.4 Aletas em alumínio

Empregando cerca de 200 chapas no formato externo das aletas originais, estas foram cortadas a laser, a partir de chapas de alumínio de 0,3mm de espessura apresentando furos elípticos ou circulares (conforme o caso) dispostos conforme proposta apresentada no item 4.2 e ilustrado na figura 31.



FIGURA 31 - Representação das aletas empregadas

Tais chapas foram posicionadas no conjunto com o auxílio de guias circulares roscadas, onde foram colocados pequenos espaçadores (porcas estampadas com espessura 2,8mm – ver figura 32) entre as chapas espaçando-as na condição otimizada.

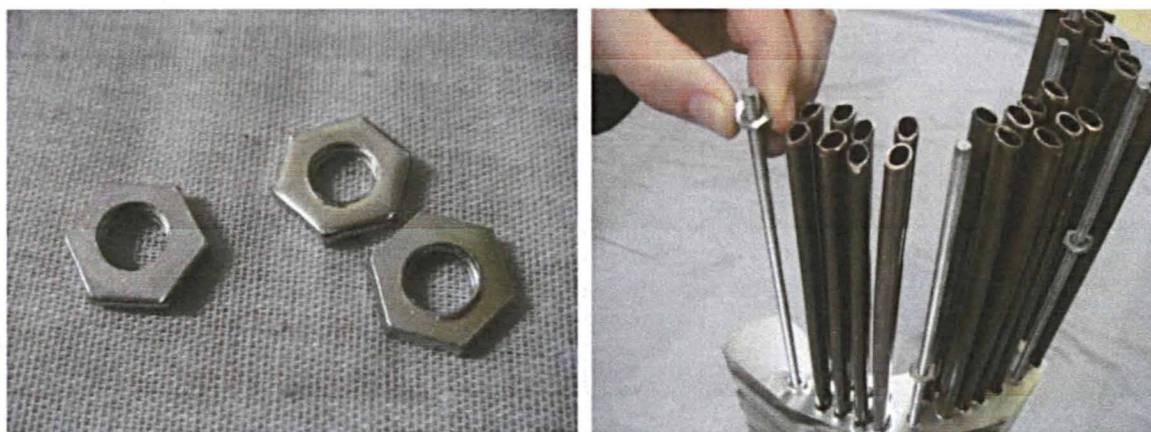


FIGURA 32 - Espaçadores entre aletas

Tanto as chapas (aletas) como os espaçadores empregados são representados nas figura 33.



FIGURA 33 - Aletas cortadas a laser e espaçadores empregados para obter distanciamento entre elas

Fez-se necessário o uso de uma chapa devidamente cortada a laser para posicionar as aletas com interferência nos tubos de cobre sem danificá-las, como pode ser visto na figura 34.

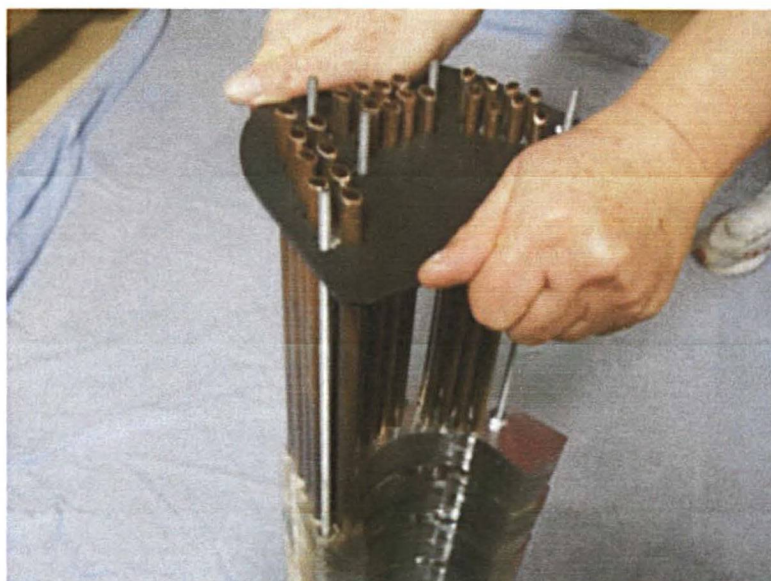


FIGURA 34 - Utilização do dispositivo de instalação das aletas

Na figura 35 temos uma comparação entre o evaporador comercial e um dos protótipos em fase inicial de fabricação, assim como a imagem da disposição dos tubos elípticos, aleta e espaçadores.

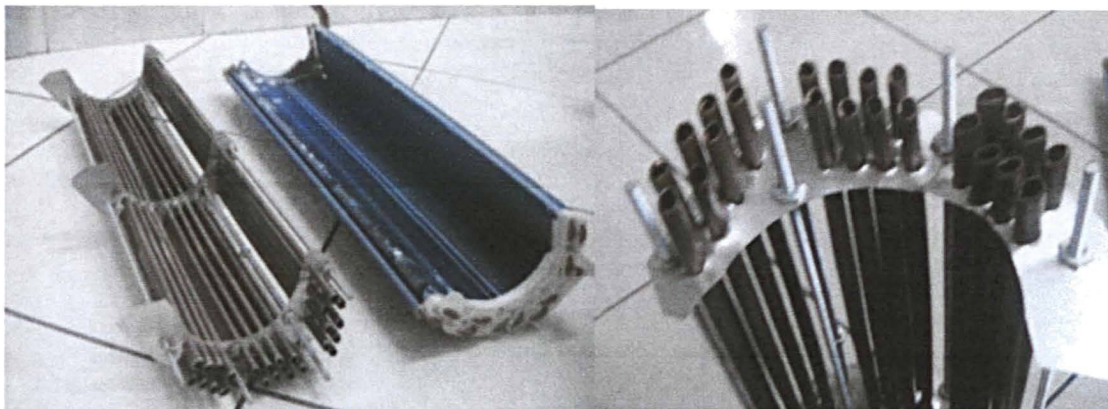


FIGURA 35 - Etapa inicial de fabricação do protótipo elíptico

4.4.5 União das extremidades (solda)

Depois de instaladas todas as aletas realizou-se o ajuste de todas as extremidades, possibilitando o alojamento das curvas 180° , para dar início ao processo de solda, que foi realizado empregando equipamento de solda de potência nominal 500 Watts, e estanho disponível comercialmente, como pode ser observado na figura 36.

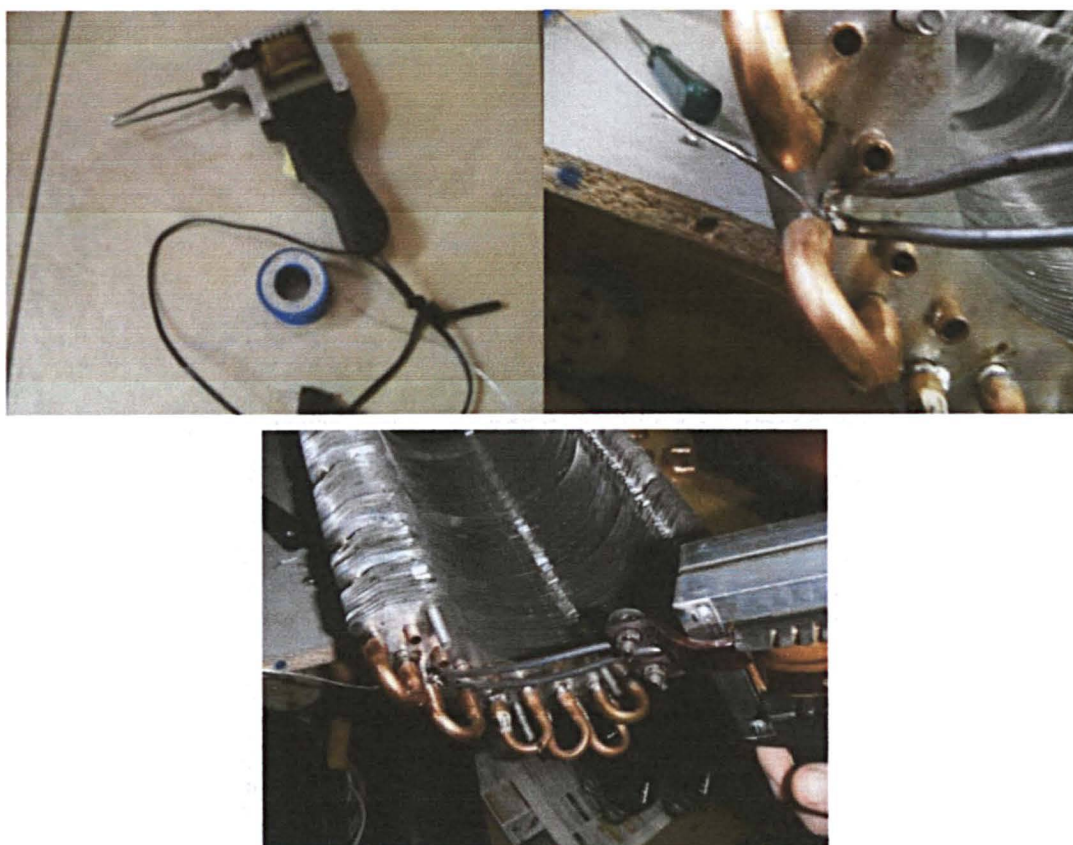


FIGURA 36 - Processo de solda das conexões

4.4.6 Pré testes

Para finalizar a fabricação de cada protótipo foram soldadas as conexões roscadas para sua instalação no sistema, e posteriormente foi realizado teste de estanqueidade e resistência a pressão interna, empregando ar comprimido e espuma de sabão, como ilustrado na figura 37.



FIGURA 37 - Teste de estanqueidade e pressão interna.

4.5 DUTOS DE AR

Para possibilitar a homogeneidade do escoamento, minimizando a margem de erro das leituras, e principalmente possibilitar o correto posicionamento dos sensores empregados, foram construídos dois dutos de ar, um para cada lado do equipamento.

Para a tomada de ar foi fabricado um duto com 300 mm de comprimento, de seção retangular constante e igual a 700 x 250 mm, mostrado na figura 38.

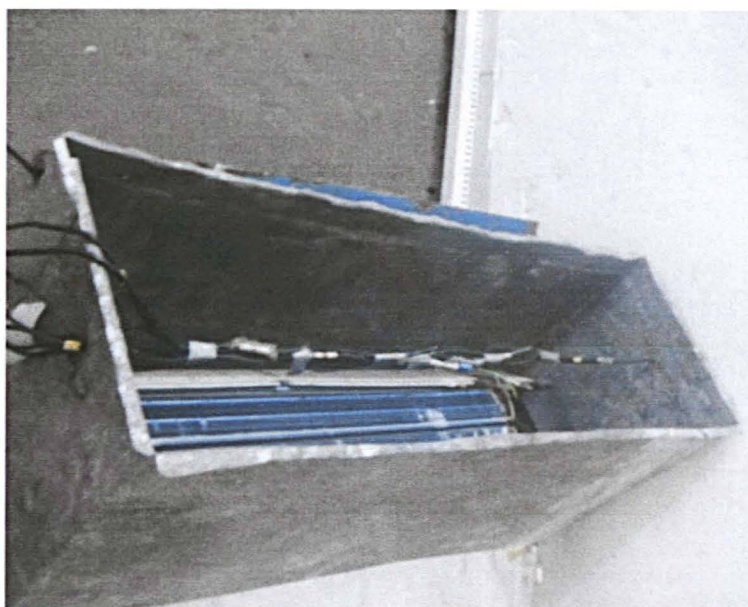


FIGURA 38 - Duto tomada de ar do evaporador com sensores posicionados

Para o insuflamento do ar foi fabricado o duto mostrado na figura 39, com base retangular de 75 x 650 mm e saída com 220 x 220 mm, ou seja, através de uma região de transição de dimensões, a seção passa de retangular para quadrada, mantendo a mesma área de seção transversal. Possibilitando o posicionamento correto dos sensores, a pelo menos uma vez a dimensão do duto de distância entre os sensores e a extremidade do duto (ASHRAE, 2001).

Para evitar a transferência de calor entre o ar resfriado e o ambiente interno da câmara, este duto foi revestido com manta térmica a base de alumínio. Um desenho deste componente encontra-se no Anexo 2 deste trabalho.

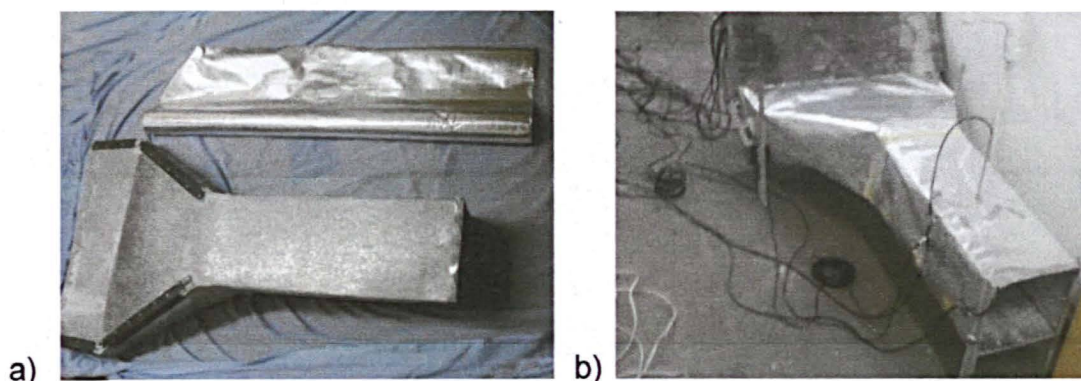


FIGURA 39 - Duto de insuflamento de ar

a) Duto e Manta térmica; b) Dutos já na câmara de ensaios, com sensores instalados

4.6 CÂMARA DE ENSAIOS

Constituída por uma ante-câmara cuja temperatura pode ser controlada e uma câmara interna isolada, formada por painéis de madeira de 5 cm de espessura, isolada com lã de vidro, possuindo uma porta corrediça acionada por contra pesos, sendo seu interior revestido com chapas de aço galvanizado. A figura 40 apresenta quatro imagens do local.

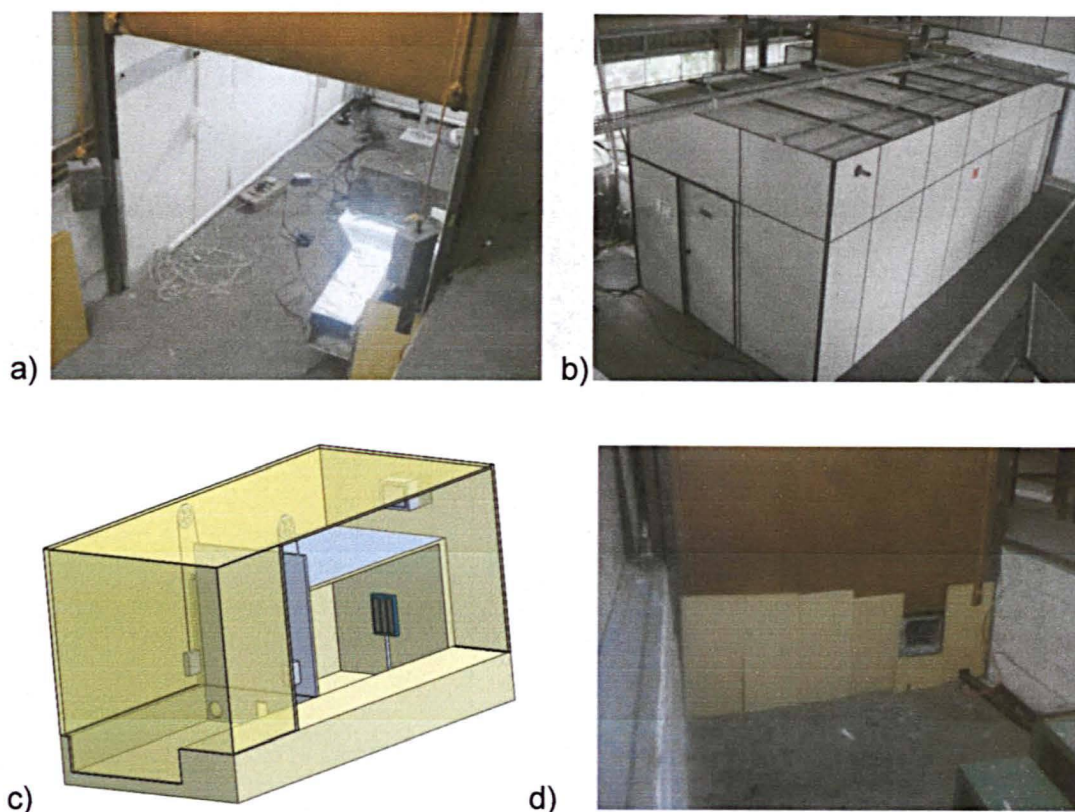


FIGURA 40 - Câmara Climatizada e Ante câmara empregadas nos ensaios
a) interior da câmara com equipamento a ser analisado; b) visão externa da ante câmara; c) imagem CAD mostrando ambas as câmaras, componentes e dispositivos internos; d) câmara devidamente fechada durante ensaios

Como pode ser visto na figura 41, a câmara possui 8 termistores devidamente posicionados com a finalidade de obter a temperatura interna e controlar os sistemas de aquecimento (através de resistências elétricas) e resfriamento (unidade de condicionamento de ar). A temperatura no interior da câmara é constantemente monitorada e a potência dos sistemas condicionadores é regulada de modo a mantê-la constante, independentemente da carga térmica.

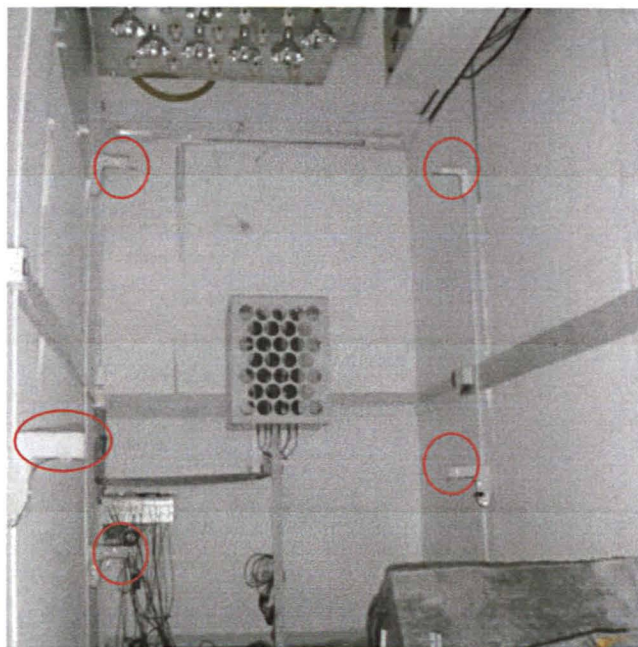


FIGURA 41 - Câmara Climatizada.

Mostrando: ao fundo: resistências de aquecimento; à cima: unidade evaporadora de climatização interna, lâmpadas de aquecimento e nas laterais: termistores de controle destes equipamentos (círculos vermelhos). Ao fundo temos ainda o quadro de conexão ao sistema de aquisição de dados.

4.7 COLETA DE DADOS

Para determinação das propriedades termodinâmicas do ar nos pontos desejados foram empregados os valores de temperatura e umidade relativa provenientes de sensores, empregando um sistema de aquisição de dados computacional. Através da implementação de um diagrama de blocos, como mostra a figura 42, devidamente elaborado para este ensaio no software LabView® versão 8.0, responsável pelo processamento dos dados digitais adquiridos e interpretados como valores de velocidade de escoamento (m/s); temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%), conforme as características técnicas de cada sensor. Além disto o software foi responsável pela geração de arquivos dos dados numéricos medidos para cada teste, para posterior processamento gráfico e estatístico.

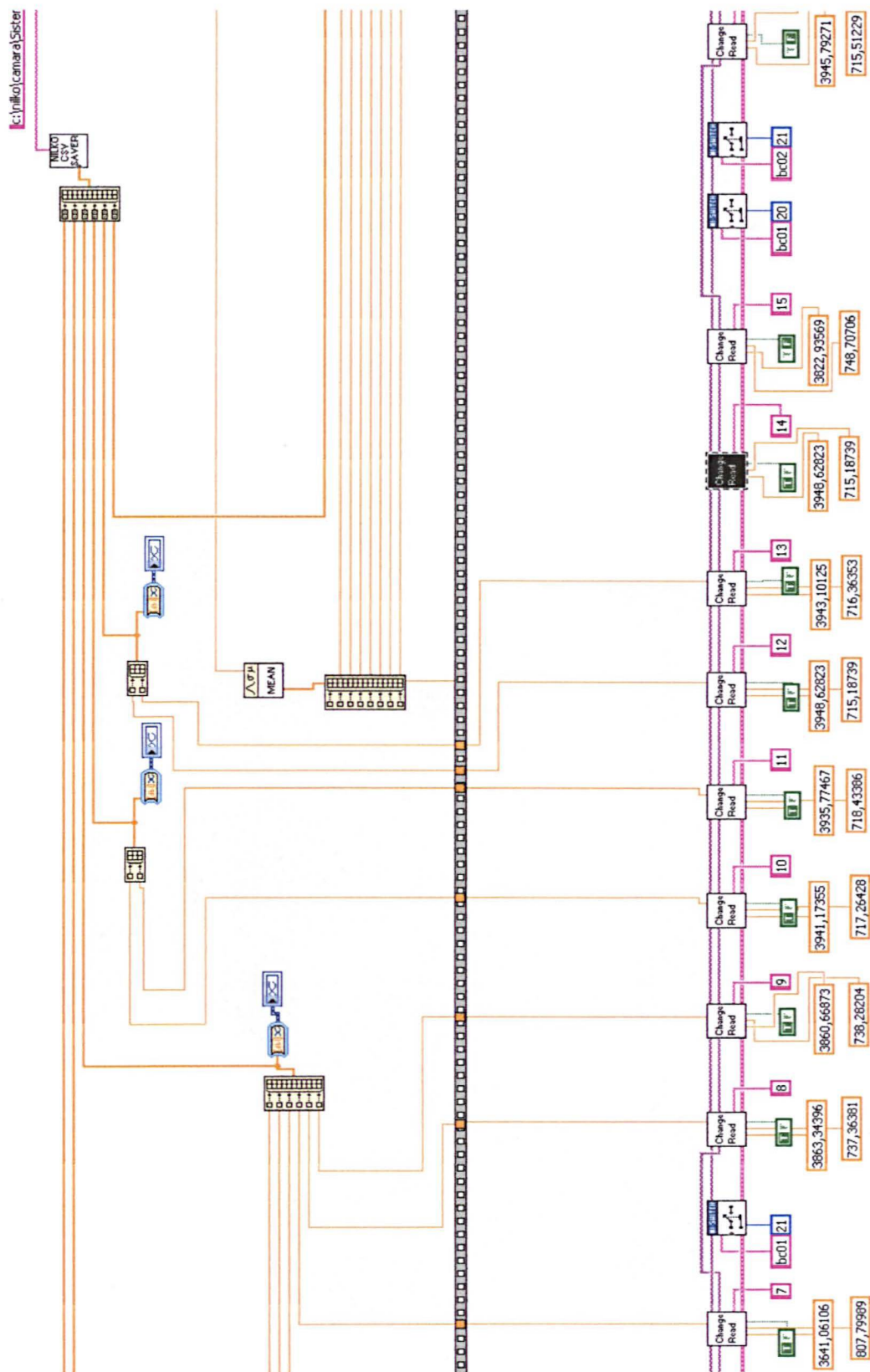


FIGURA 42 - Fragmento do diagrama de blocos empregado neste trabalho

O gabinete de aquisição de dados empregado, mostrado na figura 43, é constituído basicamente por:

- Um computador composto de duas placas PCI, uma multímetro modelo Ni-4060 e outra de controle, Ni-6703.
- Switch, gabinete SCXI-1000 e instalado internamente no SCXI
- Um módulo SCXI-1127.
- Um terminal block SCXI-1131, conectado ao módulo SCXI-1127,
- Drivers controladores Nidmm 2.7 e o Switch 3.6.

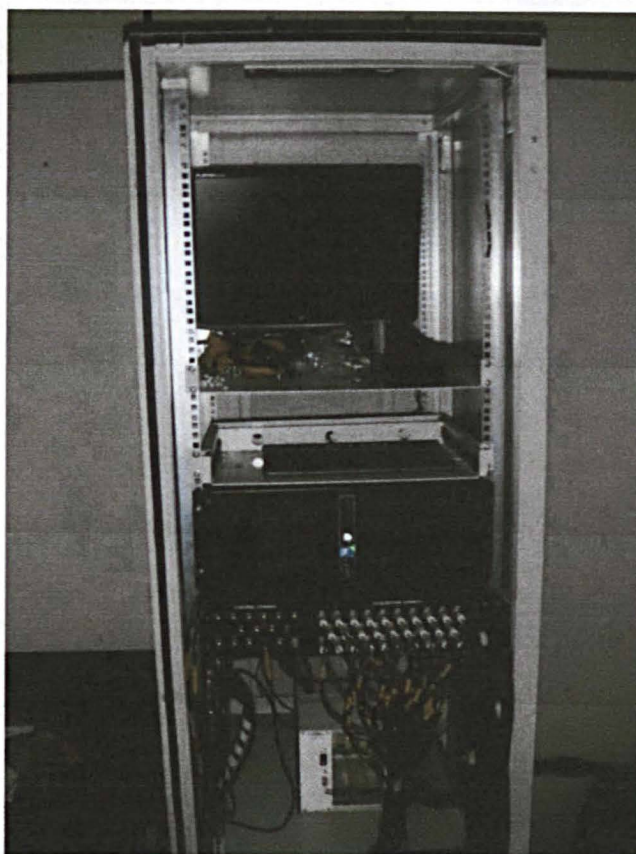


FIGURA 43 - Estação de aquisição de dados empregada durante ensaios.

4.7.1 Termistores

Os sensores térmicos utilizados neste estudo foram termistores ou sensores semicondutores compostos de manganês, níquel e óxido de cobalto, os quais são misturados em proporções iguais, e como mostrado na figura 44 possuem forma de uma pequena esfera de 2,4 mm de diâmetro; cuja resistividade elétrica é alterada em função da temperatura a que é exposto. Os termistores são não lineares, quando comparados com outros sensores de temperatura considerados lineares, como, por

exemplo, os sensores condutores de platina e tungstênio. A relação entre a resistência e a temperatura em um termistor é bem correlacionada pela equação:

$$R = R_0 * \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (28)$$

onde:

R	= resistência elétrica do termistor	[Ω]
R_0	= resistência elétrica do termistor à temperatura padrão	[Ω]
β	= constante do termistor	[K]
T_0	= temperatura padrão do termistor	[K]
T	= temperatura do termistor	[K]

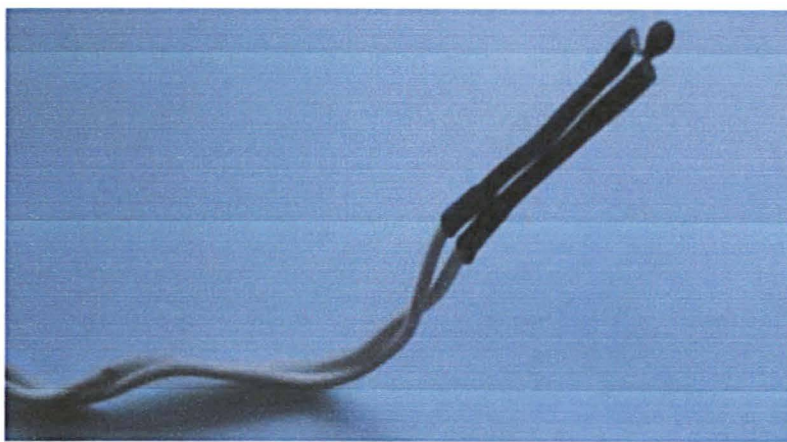


FIGURA 44 - Termistor

Seguindo o mesmo procedimento adotado por Oliveira (2003, p. 43) os termistores foram previamente calibrados para determinar seus limites intrínsecos de precisão ("Bias limits") e os coeficientes " R_0 " e "beta" individuais de cada termistor – o anexo 3 traz os gráficos e valores encontrados para cada termistor disponível no laboratório. Para tanto, estes foram mergulhados em um banho térmico de temperatura constante sendo realizada uma série de medições de temperatura. O maior desvio padrão dessas medições foi considerado o limite intrínseco de cada termistor, e posteriormente comparados com valores tabelados e com os fornecidos no manual de instrumentação do fornecedor de modo a afirmar que a leitura encontra-se dentro de uma faixa de erro considerada aceita. Tal estudo foi previamente realizado sem a intervenção dos autores (termistores de uso comum do LMH) tendo seus resultados (coeficientes) implementados durante a aquisição dos dados.

4.7.2 Sensores de Umidade Relativa

Os sensores de umidade relativa apresentados na figura 45 empregados nos ensaios são do tipo capacitivo, modelo HU1015NA, fabricados pela empresa Ohmic Instruments Co., EUA. Segundo o fabricante seu limite intrínseco de precisão é de no máximo 5%, apresentando alta confiabilidade e repetibilidade. O sensor permite a leitura direta da umidade relativa, através de uma saída de tensão, com comportamento aproximadamente linear, definida pela equação (29):

$$U_{SU} = -0,00009\phi^2 + 0,0323\phi + 0,581 \quad (29)$$

onde:

U_{SU}	= tensão do sensor de umidade relativa	[V]
ϕ	= umidade relativa	[%]

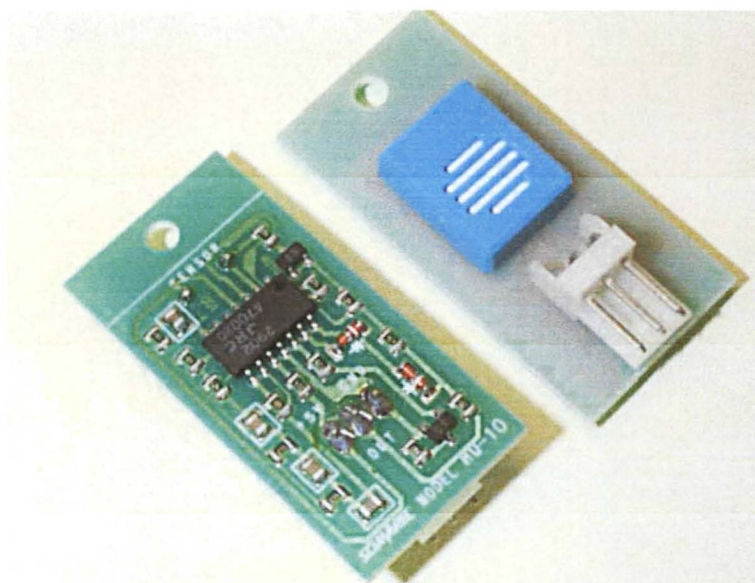


FIGURA 45 - Sensor de Umidade Relativa

4.7.3 Termoanemometro

Para determinação da vazão de ar foi realizada a medição da velocidade de escoamento em diversos pontos de uma mesma seção, empregando um termo anemômetro modelo AVT55, fabricado pela Alnor Products, TSI Incorporated®, consistindo num transdutor de velocidade de ar, com níveis programáveis de velocidades de escoamento, e precisão informada pelo fabricante de $\pm 2\%$ (ALNOR S/A), sendo ilustrado na figura 46.

Seguiu-se o procedimento sugerido pela ASHRAE (2001, p. 14.16,17) para medição de vazão em dutos retangulares. Este procedimento é apresentado no anexo 1. Desta maneira os dados foram posteriormente convertidos em valores de vazão volumétrica do escoamento, levando em consideração os efeitos do escoamento viscoso ao longo das paredes dos dutos.

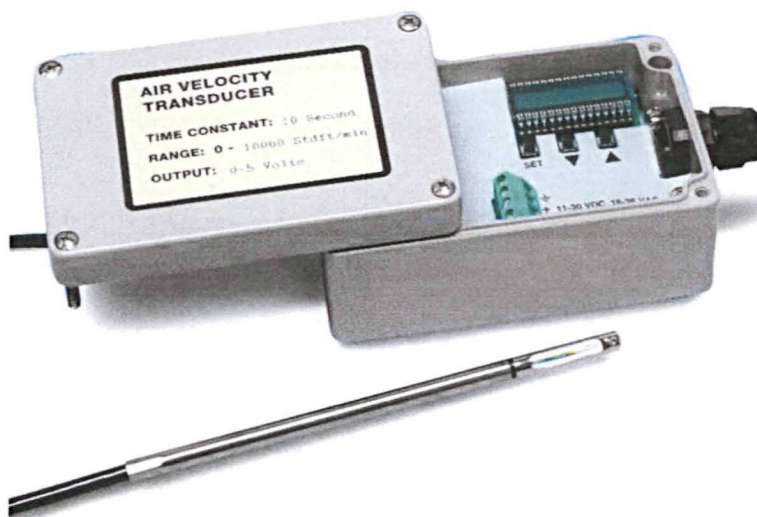


FIGURA 46 - Termoanemômetro (transdutor de velocidade do escoamento de ar)

Durante o ensaio foi adquirido digitalmente o valor da velocidade de escoamento somente em um ponto, e posteriormente este foi correlacionado com um fator de correção encontrado empiricamente através do método de log-Tchebycheff, obtendo-se a velocidade média do escoamento em toda a seção do duto.

4.7.4 Medidor de energia elétrica

O medidor de energia utilizado para este estudo é de fabricação ESB®, conforme mostra a figura 47. Trata-se do modelo SAGA™ 2300 / 1388 RS 485, um medidor eletrônico de demanda ativa e reativa, com as seguintes características:

- Fornece as grandezas primárias de tensão, corrente e fator de potência médio e mínimo, frequência e THD;
- Fonte de alimentação trifásica;
- “Auto range”, possuindo duas escalas para tensão e cinco para corrente, permitindo assegurar precisão em toda a faixa de medição;

- Pré-programado em fábrica, com os dados armazenados em E2PROM;
- Classe de exatidão de 1%;
- Mostrador digital de tecnologia de cristal líquido, de 32 caracteres alfanuméricos em duas linhas;
- Gabinete padrão DIN144.

Com este equipamento, foi possível medir o consumo de energia elétrica em Watts, assim como a tensão e corrente no momento do ensaio. Não sendo possível a aquisição digital dos valores, a leitura e armazenamento dos dados foi realizada visualmente com o auxílio de um cronômetro.



FIGURA 47 - Medidor de energia elétrica empregado nos ensaios

4.8 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Além dos equipamentos básicos, e dos sensores/instrumentos de medição, o conjunto analisado teve a disposição três evaporadores, definidos nos itens 4.2.; 4.3 e 4.1.1.

Como mostrado na figura 48, o sistema de climatização teve instalado um conjunto de cada vez – unidade condensadora e unidade evaporadora (com o evaporador específico para o teste). Todos os evaporadores foram posicionados na

mesma unidade evaporadora original, onde foi variada a condição de ar de evaporação, através do incremento da temperatura da câmara climatizada. Desta forma garantiu-se a repetibilidade dos parâmetros de insuflamento de ar (mesmas perdas de carga devido aos acessórios periféricos, e mesma potência de ventilação disponível)

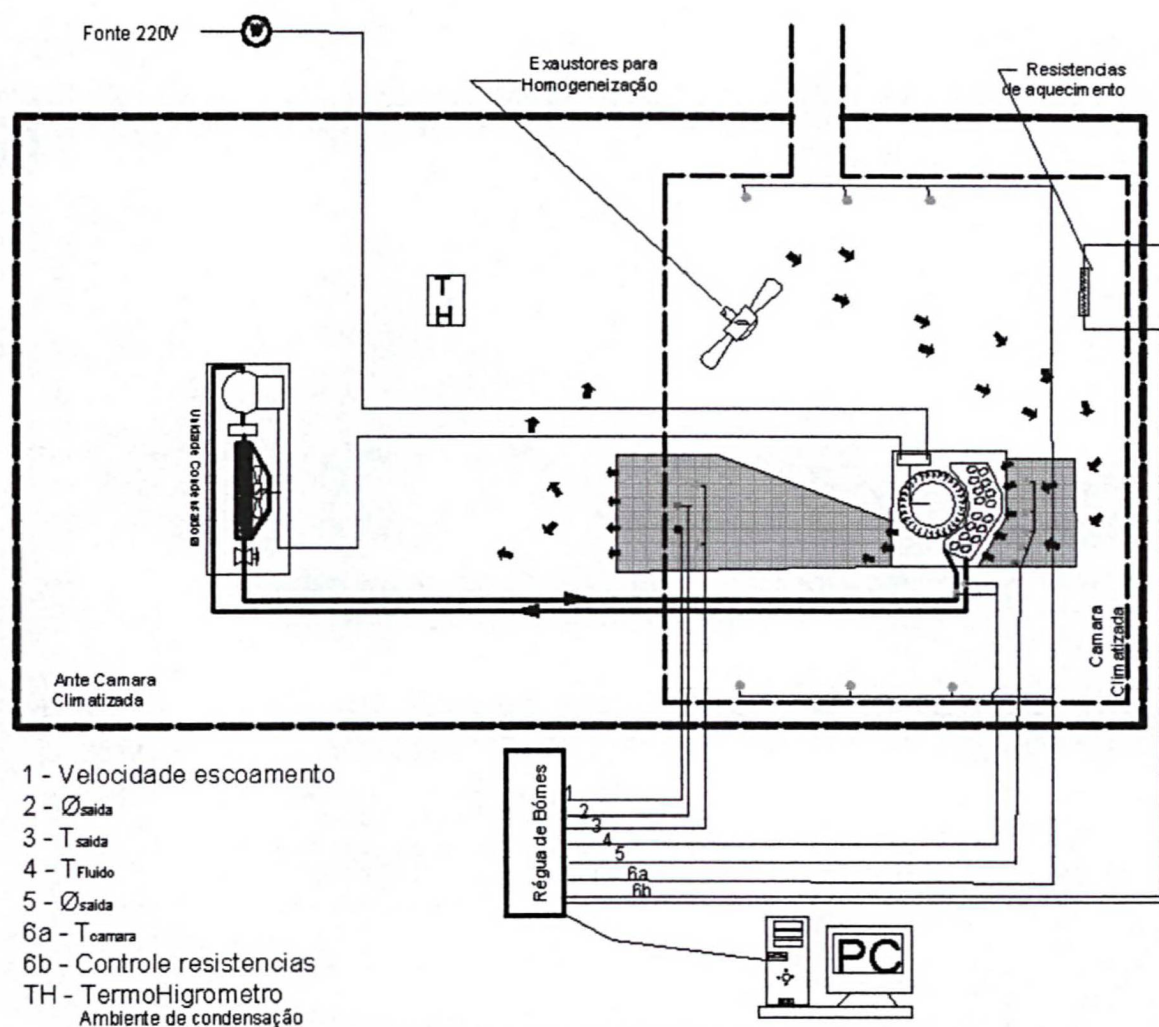


FIGURA 48 - Diagrama esquemático do aparato experimental

Além disto a unidade condensadora foi posicionada em um ambiente (ante câmara) onde a temperatura manteve-se praticamente constante e igual a $25 \pm 5^\circ\text{C}$, garantindo assim o mesmo ganho / perda de calor da câmara de testes entre os ensaios realizados. Na figura 49 é representada a instalação de todo o sistema Split, no interior da câmara e ante câmara climatizadas pertencentes ao LMH.

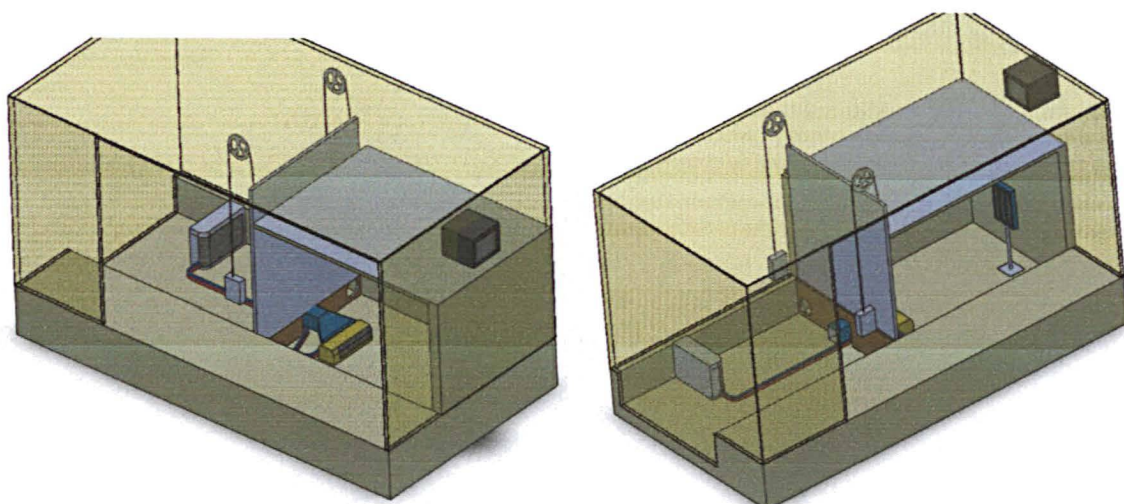


FIGURA 49 - Representação da instalação do sistema Split e instalações físicas durante ensaios

Objetivando trabalhar com valores comumente encontrados no uso do equipamento, foram considerados os seguintes valores para as variáveis:

- Ar de evaporação – entrada do evaporador:
 - temperatura de bulbo seco variou em 20, 30 e 40°C (dentro dos limites operacionais definidos pelo fabricante)
- Vazão de ar insuflado – empregados valores de velocidade do ventilador, pré estabelecidos pelo fabricante, denominados: Alta e Média velocidades, sendo informado pelo fabricante vazão máxima original de 550m³/h, que foi mensurada a cada ensaio para considerar os efeitos de perda de carga devido a cada evaporador analisado. A opção de baixa velocidade disponível no equipamento é possível de ser operada somente na função exaustor (quando não ocorre resfriamento do ar insuflado)

Durante cada carga de gás foram empregados todos os procedimentos recomendados pelo fabricante (SPRINGER DO BRASIL, 2008) sendo realizada evacuação das linhas e unidade evaporadora. Além disso, foi adicionada a quantidade de fluido refrigerante (R22) apropriado para resultar em um superaquecimento de $6 \pm 1^\circ\text{C}$, estando o sistema a operar sobre a condição mais adversa, ou seja, temperatura na câmara mais baixa (20°C) e velocidade de insuflamento do ar em automático. Assim temos evidenciado em todas as cargas de gás realizadas, a adição da correta quantidade de gás, com a repetibilidade, necessária para manter a vazão mássica a níveis considerados ideais pelo

fabricante (de projeto). Este procedimento foi realizado sob a supervisão / auxílio de técnicos habilitados e experientes.

O procedimento da carga de gás foi realizado inicialmente instalando-se o bulbo do termômetro digital na superfície inferior da linha de sucção próximo à entrada da unidade condensadora. O bulbo foi então encoberto com pasta térmica para otimizar o contato entre as partes, e posteriormente isolado do ambiente. Na sequência a leitura da pressão da mesma linha foi realizada por meio do manifold apropriado instalado na válvula de serviço situada na unidade condensadora. Fluido refrigerante foi então adicionado ou retirado, com a finalidade de obtermos uma diferença da temperatura de sucção e da temperatura de evaporação saturada para a pressão de sucção mensurada, da ordem de 6°C.

Feita a carga do gás iniciou-se o funcionamento do sistema na condição de entrada de ar e velocidade do ventilador desejada, momento a partir do qual aguardou-se a estabilização de todos os parâmetros, ou seja, regime permanente de operação. Na sequência deu-se início a coleta dos dados desejados. Repetindo o experimento para o outro valor de rotação do ventilador, repetiu-se o experimento para as outras temperaturas de entrada de ar no evaporador. Após realizados os seis experimentos trocou-se o evaporador, realizando-se nova carga de gás, para repetir a bateria de leituras.

4.9 ENSAIOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Os ensaios foram realizados conforme a metodologia descrita no item 3, e tiveram os valores das grandezas mensuradas adquiridos e processados digitalmente, resultando nas planilhas apresentadas nos anexos 4, 5 e 6. Os dados foram então resumidos em tabelas e gráficos específicos, onde são mostrados apenas os valores das grandezas desejadas para análise, assim como sua incerteza.

Durante a realização dos ensaios as grandezas mensuradas foram monitoradas simultaneamente no monitor da estação de aquisição de dados, como

mostra a figura 50, possibilitando a identificação de regimes permanentes de operação do sistema, após a estabilização de todos os parâmetros analisados.

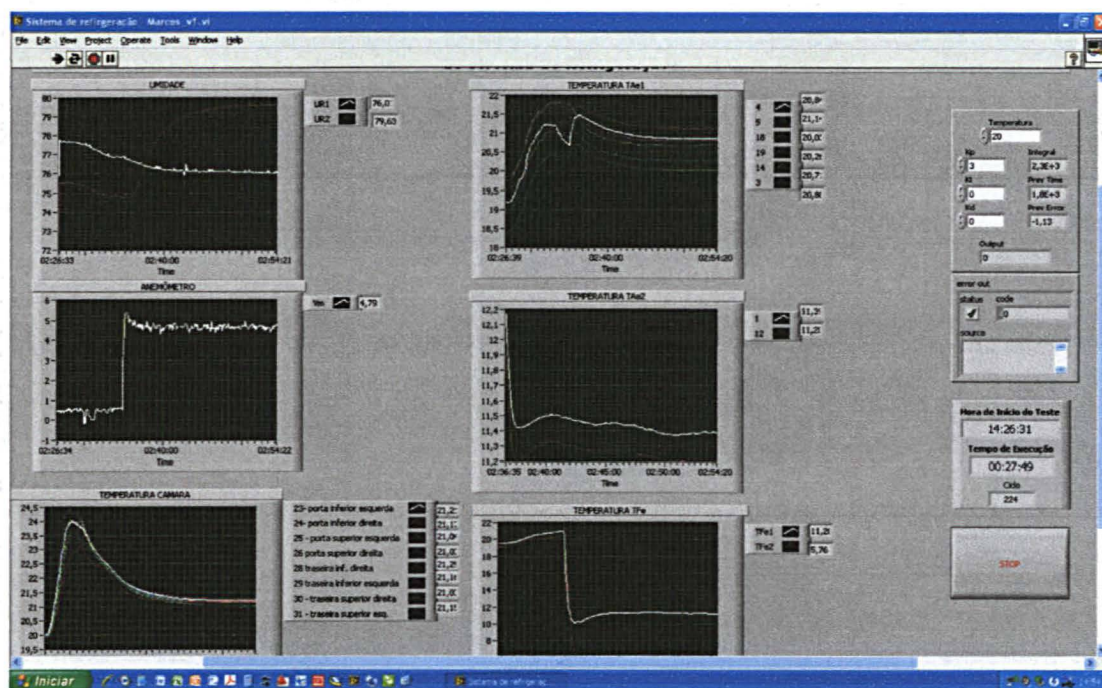


FIGURA 50 - Captura de imagem da tela de aquisição de dados

Após os ensaios, os dados adquiridos foram compilados em uma planilha eletrônica, onde todos os parâmetros mensurados e controlados foram arquivados, e anexados a este trabalho.

Para verificação da coerência dos dados encontrados, e da correta interpretação das grandezas analisadas, empregando o mesmo software (iGetPsyched) plotou-se o comportamento do processo de resfriamento sobre uma carta psicrométrica (figura 51), onde claramente podemos observar o processo de climatização do tipo resfriamento e desumidificação, processo comumente encontrado neste tipo de equipamento, por contemplar um trocador de calor com temperatura inferior ao ponto de orvalho do ar ambiente, resultando na condensação do vapor d'água e sua consequente desumidificação.

4.10 ANÁLISE DAS INCERTEZAS DE MEDIÇÃO

A avaliação do erro relacionado aos valores calculados de vazão mássica, e coeficiente de performance, obtidos a partir dos dados coletados seguiu a metodologia apresentada a seguir, baseada no procedimento apresentado em Física

Experimental UFPR (2004) . Seus valores serão apresentados juntamente com a análise do COP desenvolvida nesta seção.

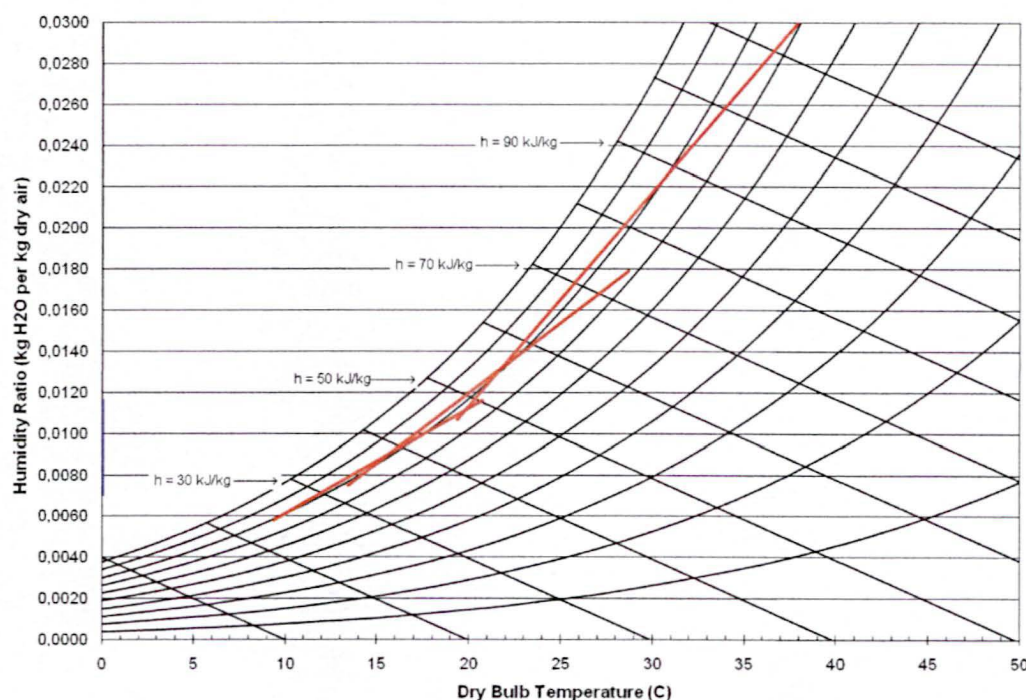


FIGURA 51 - Carta psicrométrica representativa das 3 temperaturas de entrada no evaporador

Para uma grandeza mensurada em pelo menos seis pontos distintos, a incerteza de medição pode ser considerada igual a 2 vezes o desvio padrão (σ), o que corresponde a uma precisão de 95,5% das leituras (EHLERS, 2005, p. 27). Por este motivo a temperatura de entrada de ar na unidade evaporadora foi mensurada por seis termistores independentes, e a mesma precisão destes seis termistores foi considerada para as demais temperaturas mensuradas por um ou dois termistores.

Os limites de precisão das variáveis: área e peso, envolvidas na determinação da incerteza, foram consideradas desprezíveis em presença do limite de variação das demais grandezas.

Para uma grandeza qualquer F , calculada em função de diversas variáveis " x " medidas experimentalmente, como indicado na equação (30); a incerteza da grandeza F (calculada) pode ser encontrada através do cálculo dos mínimos e máximos valores de todas as grandezas e propriedades para as quais a grandeza em questão é referenciada.

$$F = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (30)$$

Neste trabalho a principal grandeza calculada objeto de análise, é o COP do sistema:

$$COP = f(h_{ins}, h_{ret}, m', P_{cp}) \quad (31)$$

Como as entalpias (h) e vazão mássica (m') são propriedades direta ou indiretamente dependentes do estado termodinâmico do ar, estas tiveram suas incertezas calculadas em função dos valores máximos e mínimos possíveis de serem obtidos das leituras dos sensores.

Desta maneira podemos considerar resumidamente, que:

$$h_{min} = f(T_{min}, UR_{min}, P_{atm}) \quad (32)$$

$$h_{max} = f(T_{max}, UR_{max}, P_{atm}) \quad (33)$$

$$m'_{max} = f(A, Vm_{max}, v_{min}(T_{max}; UR_{min}; P_{atm})) \quad (34)$$

$$m'_{min} = f(A, Vm_{min}, v_{max}(T_{min}; UR_{max}; P_{atm})) \quad (35)$$

A partir da eq (31) temos:

$$COP_{min} = f(h_{ins_{max}}, h_{ret_{min}}, m'_{min}, P_{cp_{max}}) \quad (36)$$

$$COP_{max} = f(h_{ins_{min}}, h_{ret_{max}}, m'_{max}, P_{cp_{min}}) \quad (37)$$

Sendo:

$$COP_{med} = \frac{COP_{min} + COP_{max}}{2} \pm \frac{COP_{max} - COP_{min}}{2} \quad (38)$$

Todos os cálculos, incluindo as incertezas são calculados na planilha eletrônica correspondente ao ensaio em análise, usando as propriedades termodinâmicas do ar, conforme explanado no item 3.1, e as incertezas informadas pelo fabricante dos sensores, como segue:

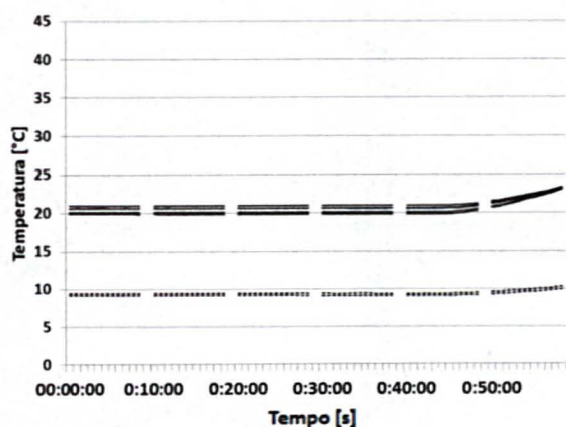
- Termo anemômetro - $\pm 2\%$ (ALNOR S/A)
- Transdutor de potência - $\pm 1\%$ (LANDIS&GYR, 2007)
- Sensores de umidade relativa- $\pm 5\%$ (THERMOMETRICS, 2007)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

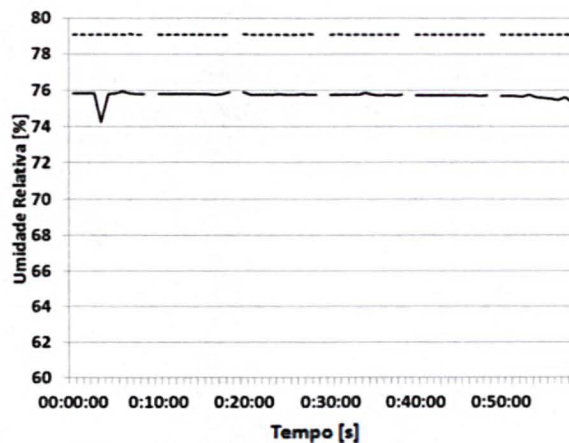
O principal objetivo deste trabalho, é apresentada a seguir uma análise quantitativa do Coeficiente de Performance de cada dispositivo analisado, incluindo o estudo de incertezas devido às variáveis decorrentes do procedimento experimental adotado. Além disso, outras análises complementares puderam ser realizadas com o intuito de enriquecer o presente estudo.

Para cada bateria de ensaio foram consideradas seis medições, conforme a norma NBR 15627-2, realizadas durante uma hora em intervalos de 10 minutos, para cada uma das seis medições, um conjunto completo das leituras de todos os instrumentos foi realizado em intervalos de 30 segundos, em um total de 5 minutos; totalizando 66 pontos de aquisição de dados. Nos Anexos 4; 5 e 6 são apresentados de forma detalhada todos os dados obtidos experimentalmente, assim como o cálculo de incertezas e propriedades termodinâmicas do ar para cada instante analisado.

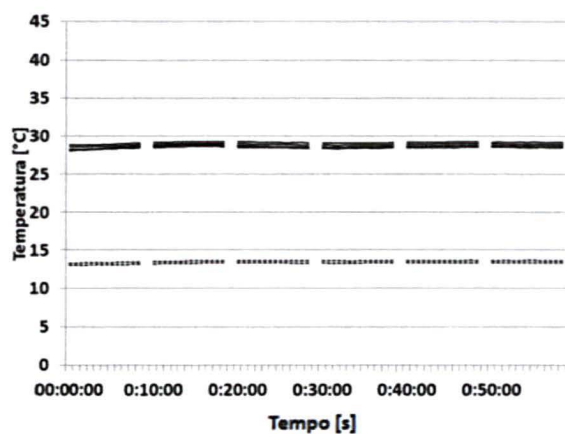
Os gráficos 1 a 6 representam os valores das temperaturas de bulbo seco e umidade relativa de insuflamento e retorno do ar em função do tempo para a velocidade média do ventilador, nas três temperaturas da câmara de ensaios consideradas (20; 30 e 40°C), para o evaporador original.



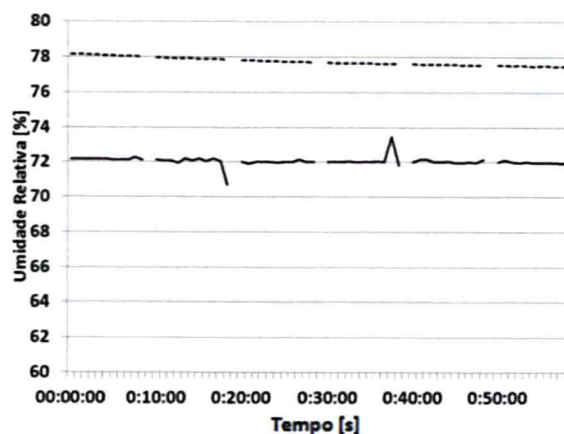
— Retorno Insuflamento
GRÁFICO 1 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média



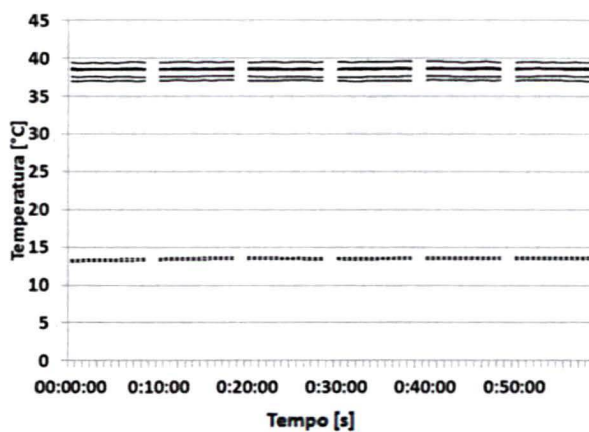
— Retorno Insuflamento
GRÁFICO 2 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média



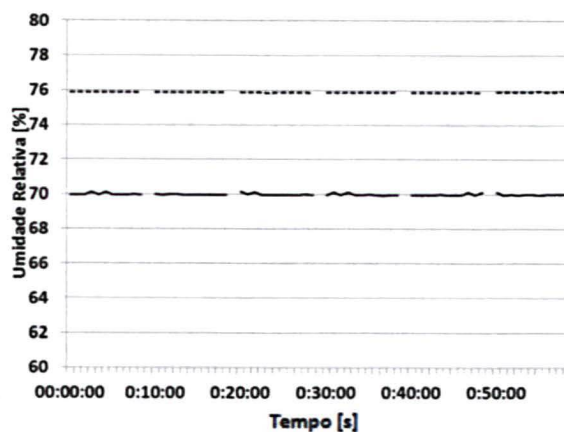
— Retorno Insuflamento
GRÁFICO 3 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média



— Retorno Insuflamento
GRÁFICO 4 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média



— Retorno Insuflamento
GRÁFICO 5 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média



— Retorno Insuflamento
GRÁFICO 6 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média

Nota-se no gráfico 1 um pequeno aumento gradativo da temperatura nas últimas 11 leituras, porém esta variação foi considerada irrelevante para as análises. No gráfico 5 por sua vez notamos uma variação maior da temperatura do ar de retorno, o que resultou em aumento do desvio padrão e consequentemente da incerteza dos resultados.

Complementando, os dados obtidos com o evaporador original, os gráficos 7 a 12 apresentam os mesmos dados, porém para velocidade alta do ventilador, empregando o mesmo evaporador circular original.

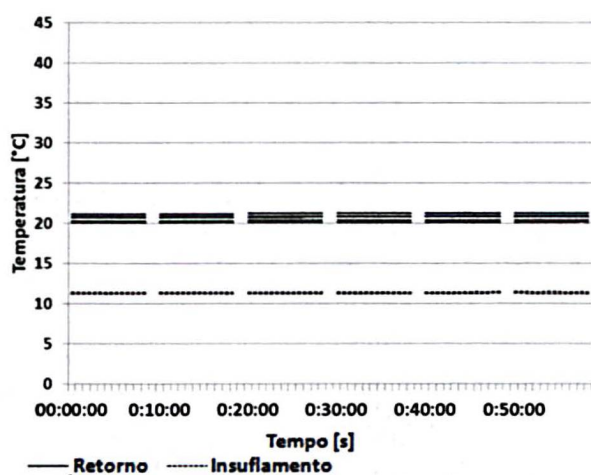


GRÁFICO 7 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta

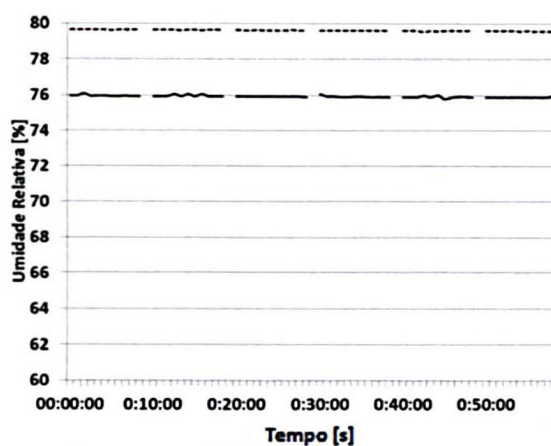


GRÁFICO 8 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta

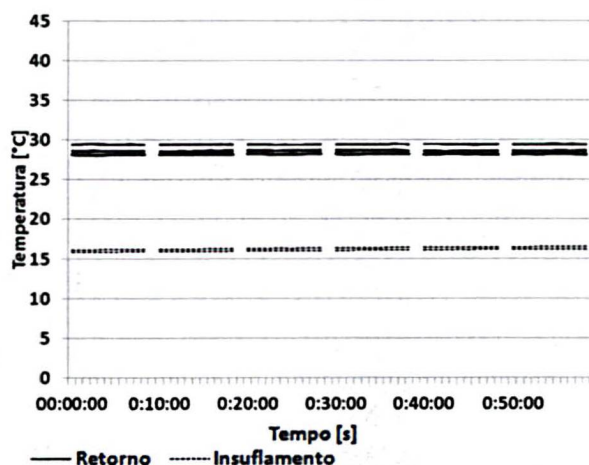


GRÁFICO 9 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta

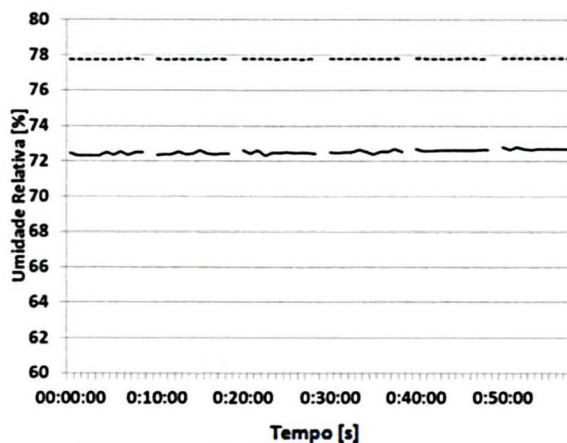


GRÁFICO 10 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta

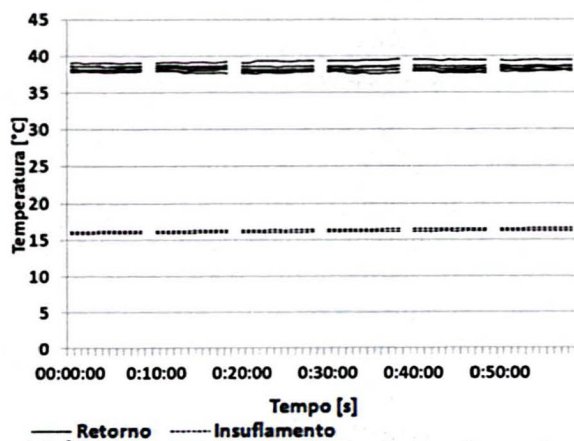


GRÁFICO 11 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta

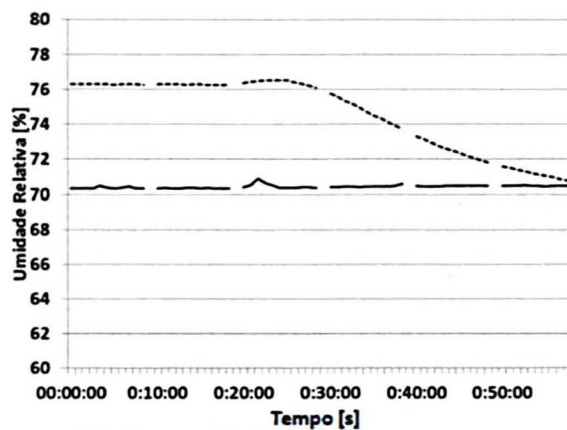
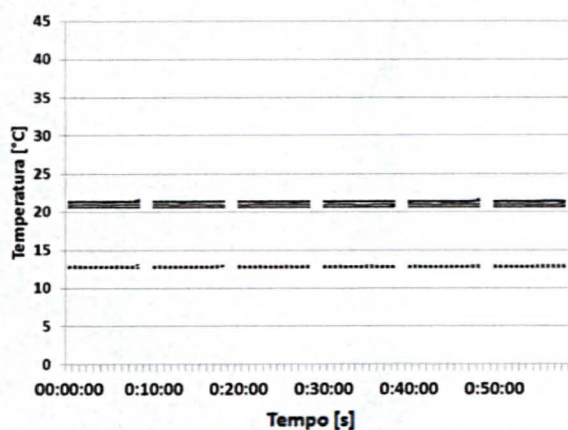


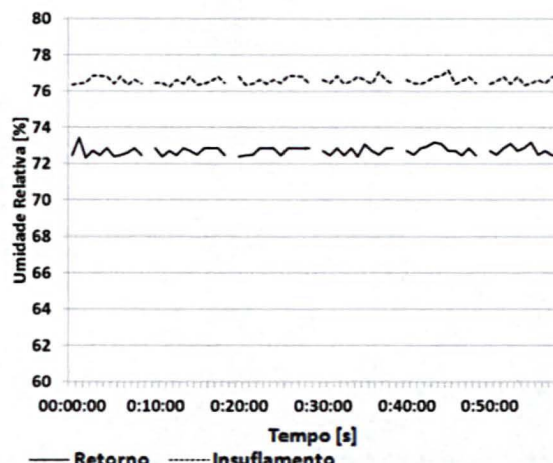
GRÁFICO 12 - Umidades relativas: evaporador original para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta

No gráfico 12, referente à maior temperatura e maior velocidade de circulação do ar, nota-se uma queda severa da umidade relativa que sai do circuito, fato este notado posteriormente às análises, e que pode ter sido causado por alguma falha no sistema de aquisição, ou mesmo no procedimento experimental adotado. Como o dado de umidade relativa não traz grandes efeitos sobre o COP do sistema, em comparação às variações de temperatura, esse comportamento pôde ser negligenciado.

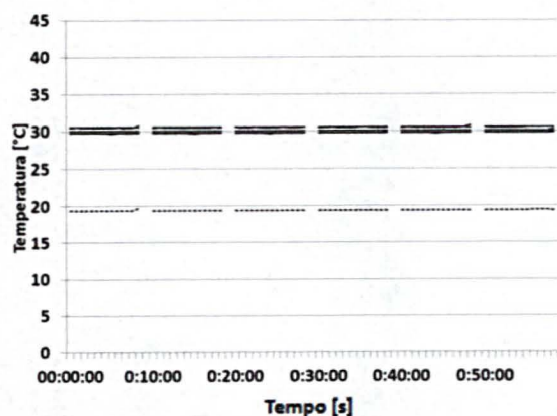
De forma análoga, os gráficos 13 a 24 mostram os mesmos parâmetros (temperatura de bulbo seco e umidade relativa) no insuflamento e retorno, porém para o protótipo elíptico.



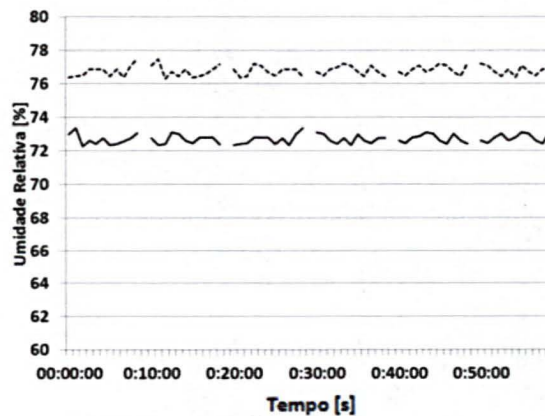
— Retorno — Insuflamento
GRÁFICO 13 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 20°C e velocidade média



— Retorno — Insuflamento
GRÁFICO 14 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média



— Retorno — Insuflamento
GRÁFICO 15 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 30°C e velocidade média.



— Retorno — Insuflamento
GRÁFICO 16 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média

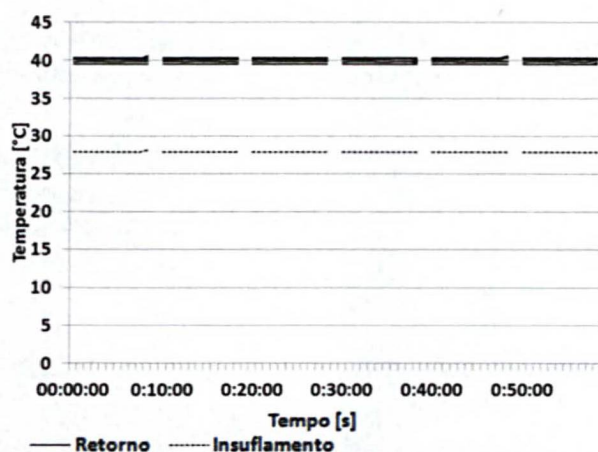


GRÁFICO 17 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 40°C e velocidade média

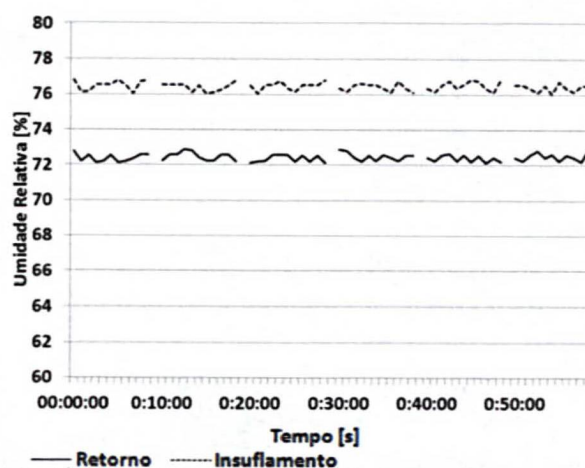


GRÁFICO 18 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média

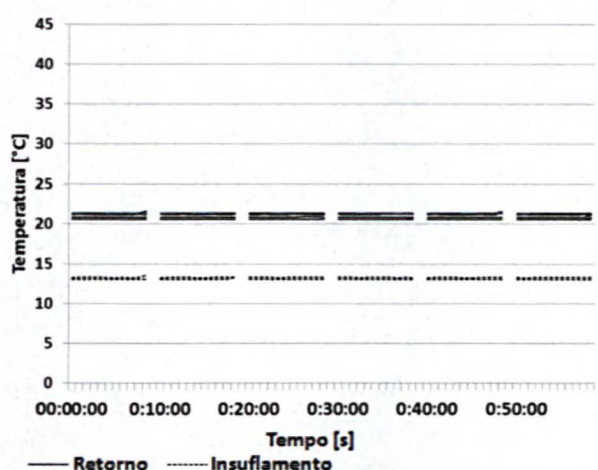


GRÁFICO 19 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 20°C e velocidade alta.

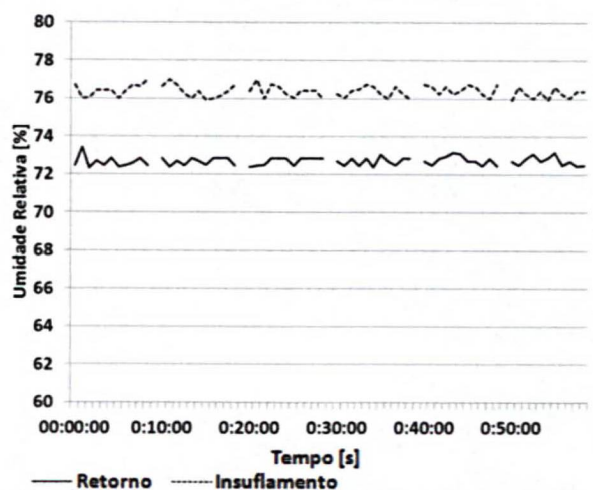


GRÁFICO 20 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta.

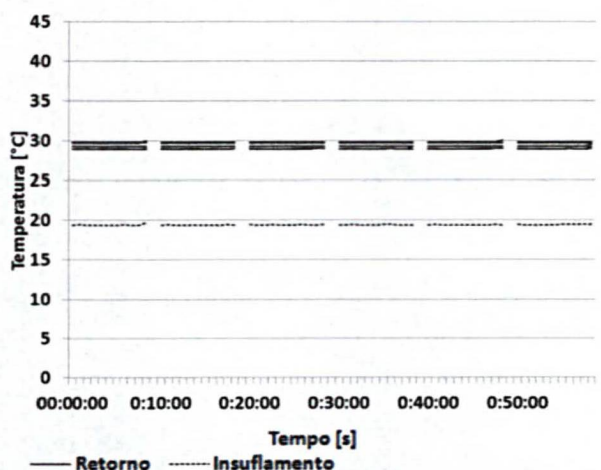


GRÁFICO 21 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 30°C e velocidade alta.

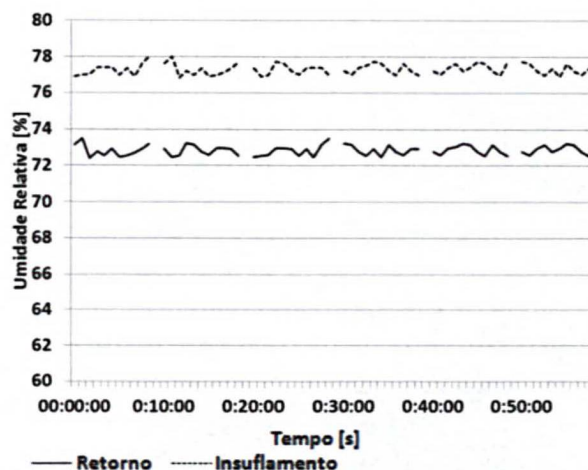


GRÁFICO 22 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta.

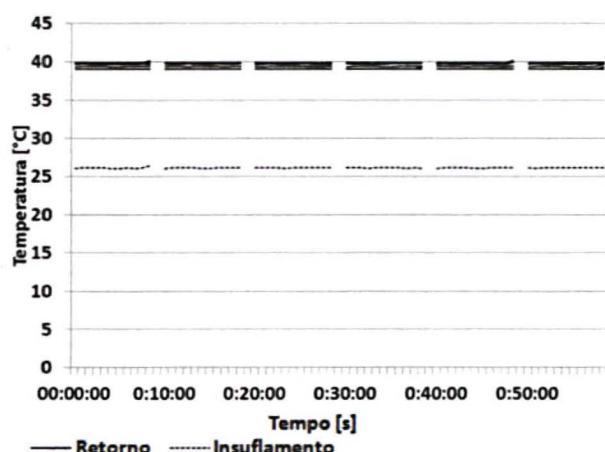


GRÁFICO 23 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo elíptico para temp. da câmara de 40°C e velocidade alta.

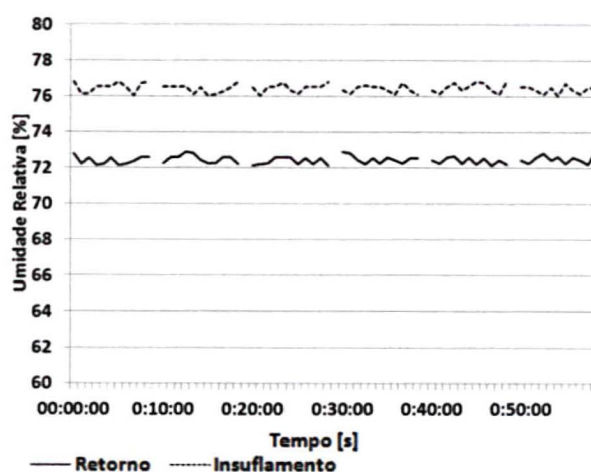


GRÁFICO 24 - Umidades relativas: evaporador protótipo elíptico para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta.

Finalmente nos gráficos 25 a 36 são apresentados os dados experimentais referentes ao trocar protótipo circular.

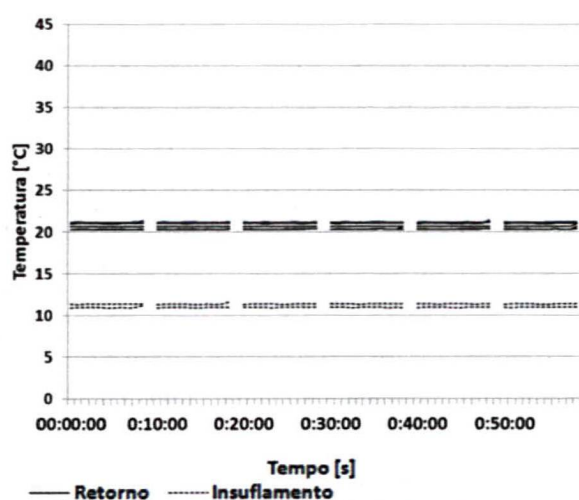


GRÁFICO 25 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 20°C e velocidade média

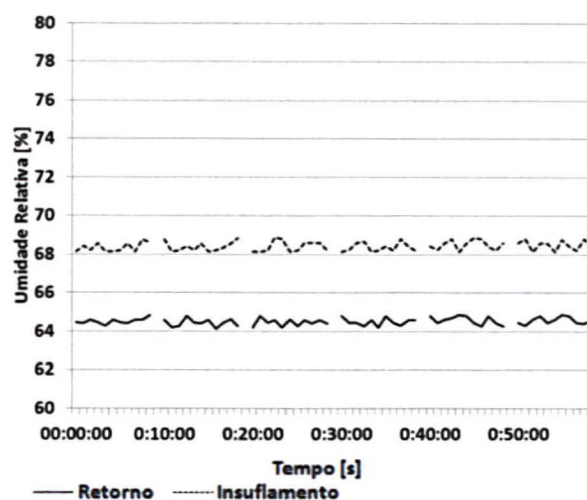


GRÁFICO 26 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 20°C e velocidade média

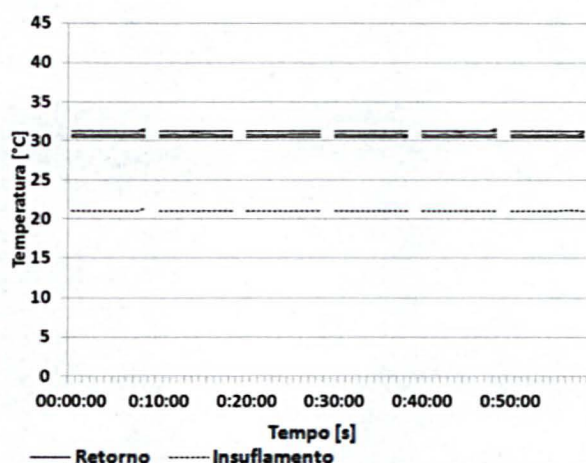


GRÁFICO 27 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 30°C e velocidade média.

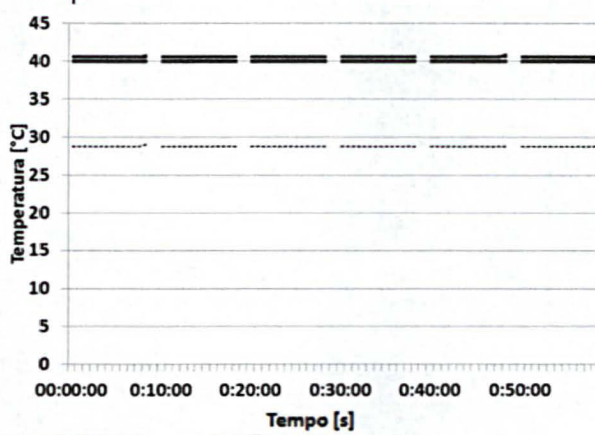


GRÁFICO 29 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 40°C e velocidade média

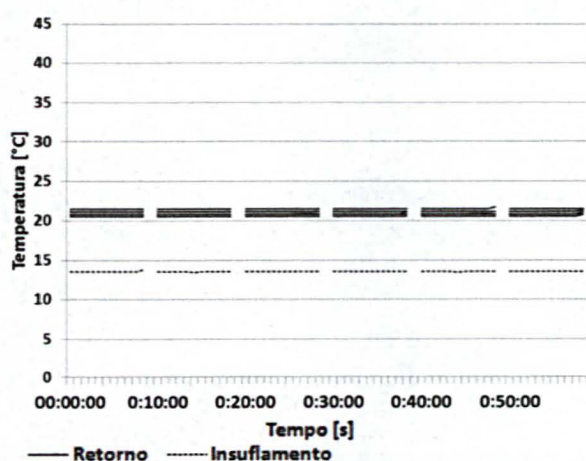


GRÁFICO 31 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 20°C e velocidade alta.

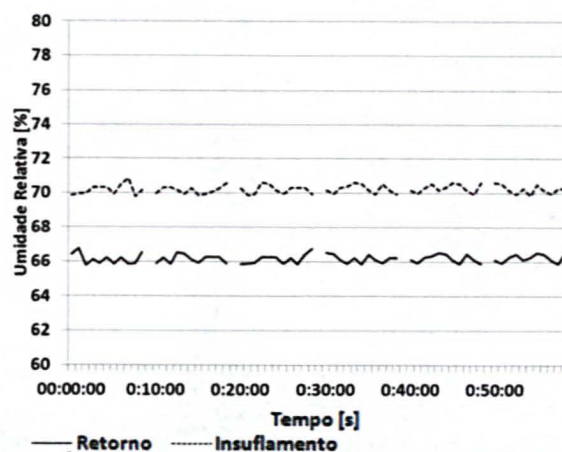


GRÁFICO 28 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 30°C e velocidade média

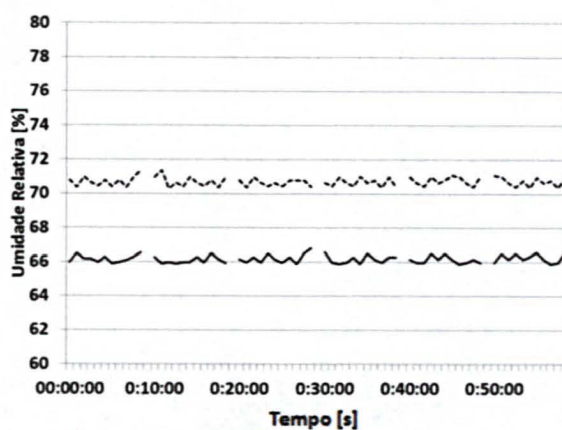


GRÁFICO 30 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 40°C e velocidade média

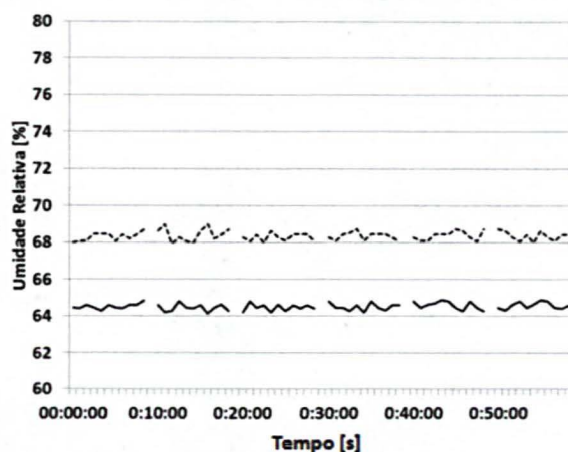


GRÁFICO 32 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 20°C e velocidade alta.

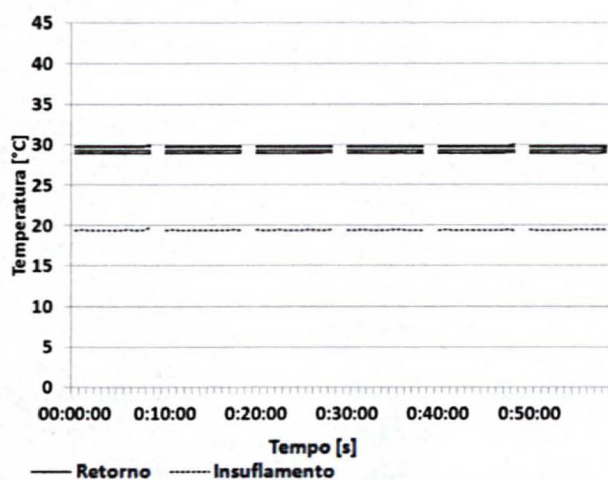


GRÁFICO 33 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 30°C e velocidade alta.

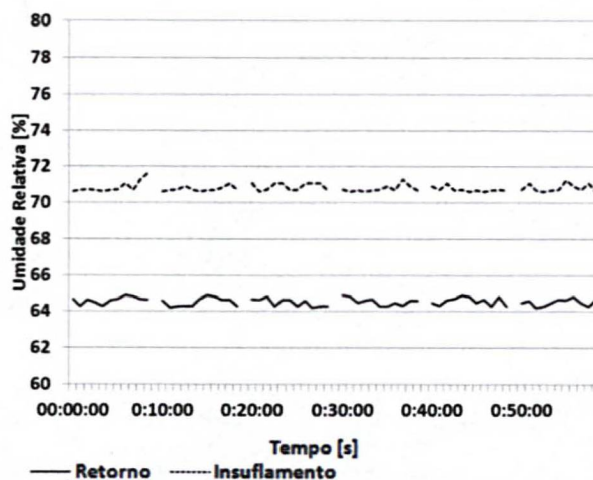


GRÁFICO 34 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 30°C e velocidade alta.

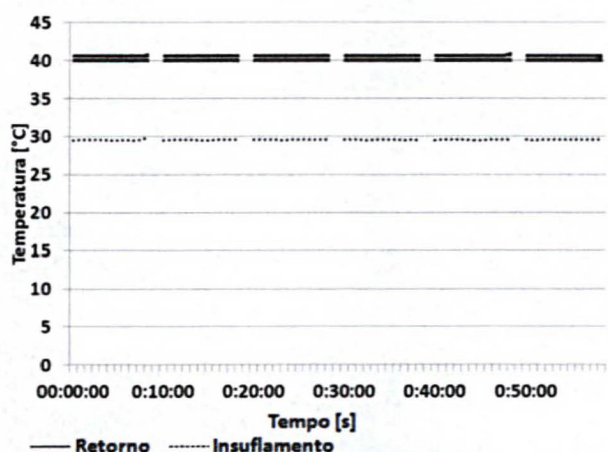


GRÁFICO 35 - Temperaturas de insuflamento e retorno do evaporador protótipo circular para temp. da câmara de 40°C e velocidade alta.

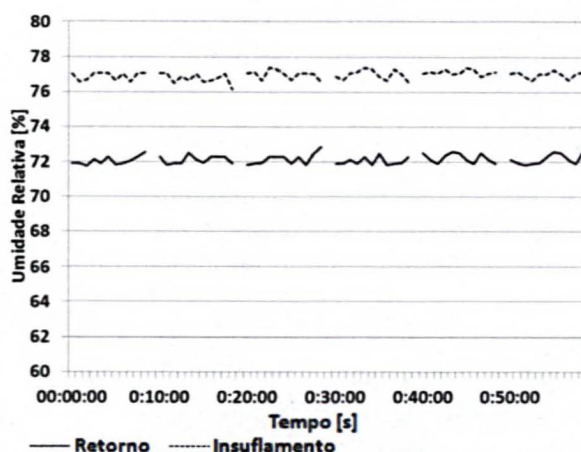


GRÁFICO 36 - Umidades relativas: evaporador protótipo circular para temperatura da câmara de 40°C e velocidade alta.

Dando continuidade, nos gráficos 37 a 45 são apresentados de forma sucinta os valores de velocidade de escoamento medida no decorrer do tempo (sem o fator de correção), tanto para o evaporador original, como para o elíptico protótipo.

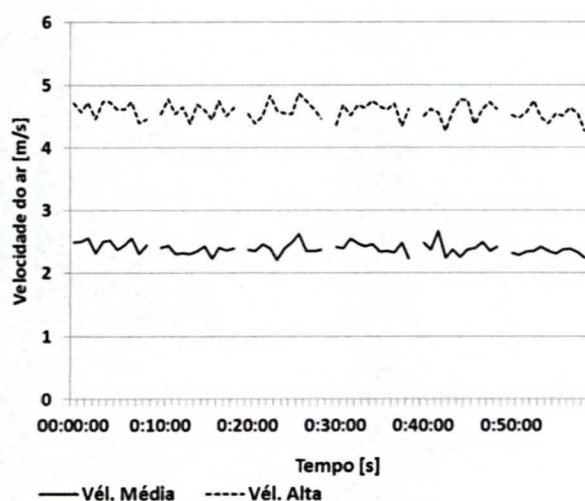


GRÁFICO 37 - Velocidades do ar: evaporador original e temperatura da câmara de 20°C

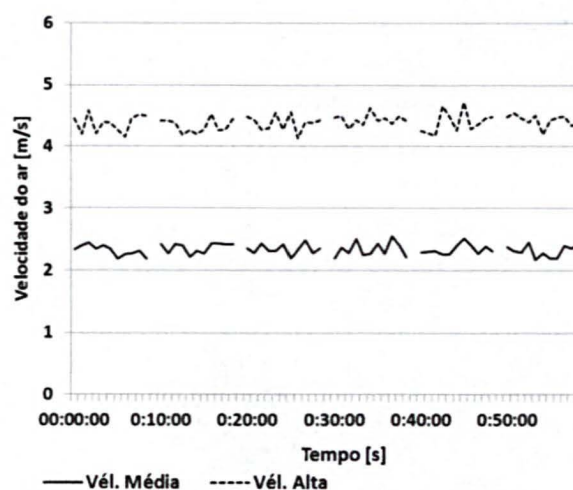


GRÁFICO 38 - Velocidades do ar: evaporador original e temperatura da câmara de 30°C

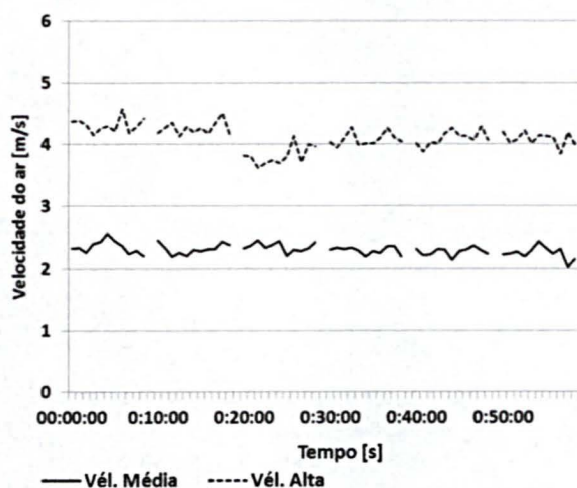


GRÁFICO 39 - Velocidades do ar: evaporador original e temperatura da câmara de 40°C

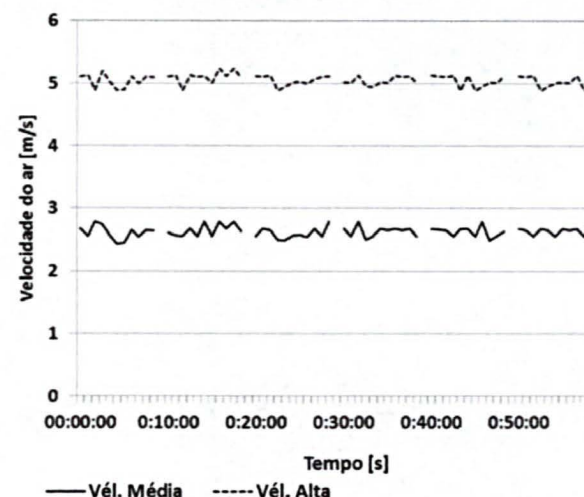


GRÁFICO 40 - Velocidades do ar: evaporador protótipo elíptico e temp. da câmara de 20°C

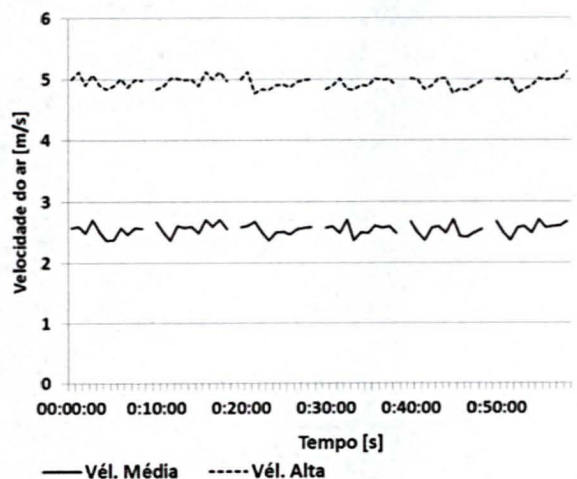


GRÁFICO 41 - Velocidades do ar: evaporador protótipo elíptico e temp. da câmara de 30°C

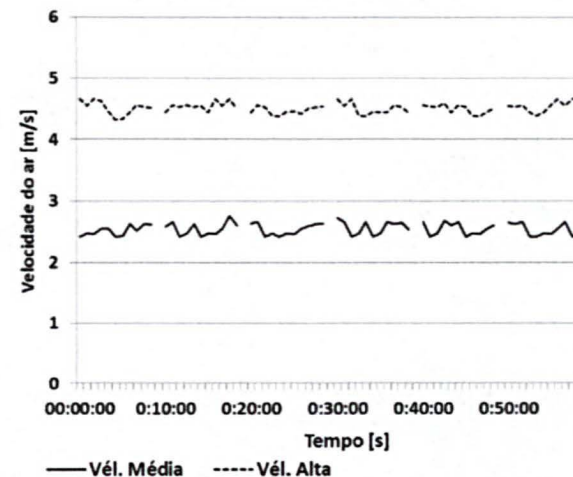


GRÁFICO 42 - Velocidades do ar: evaporador protótipo elíptico e temp. da câmara de 40°C

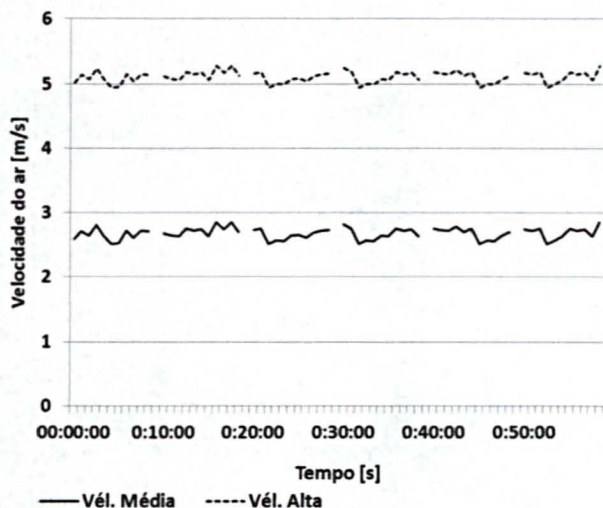


GRÁFICO 43 - Velocidades do ar: evaporador protótipo circular e temp. da câmara de 20°C

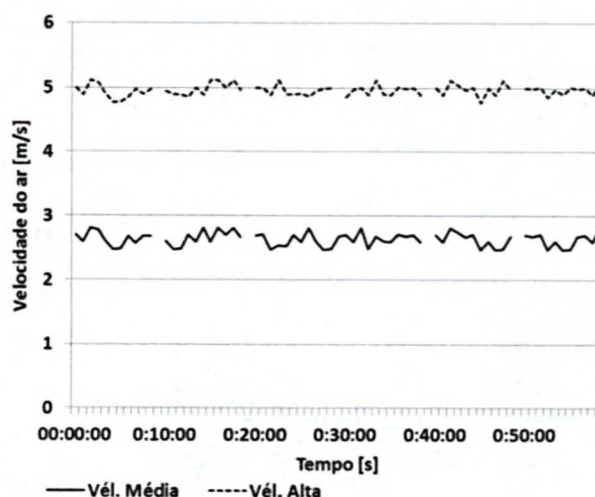


GRÁFICO 44 - Velocidades do ar: evaporador protótipo circular e temp. da câmara de 30°C

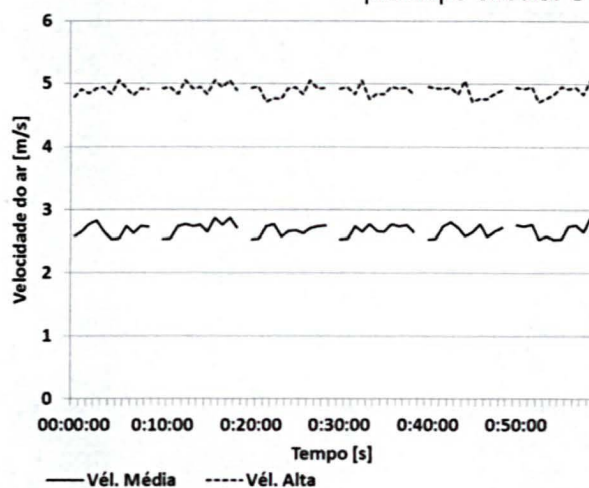


GRÁFICO 45 - Velocidades do ar: evaporador protótipo circular e temp. da câmara de 40°C

A variação da velocidade (típica de escoamento turbulento) ao longo do tempo mostra-se da ordem de 5%, o que pode ser considerado coerente devido ao pequeno trecho de estabilização do duto que pode não ter sido longo suficiente para homogeneizar o escoamento.

De um modo geral todos os períodos de dados coletados se apresentaram de forma estável, com alterações coerentes entre os parâmetros analisados.

5.1 CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO

Com base nos dados obtidos experimentalmente (temperatura, umidade relativa, e velocidade) foram calculadas as capacidades de refrigeração de acordo com a equação 24, gerando os gráficos 46 e 47.

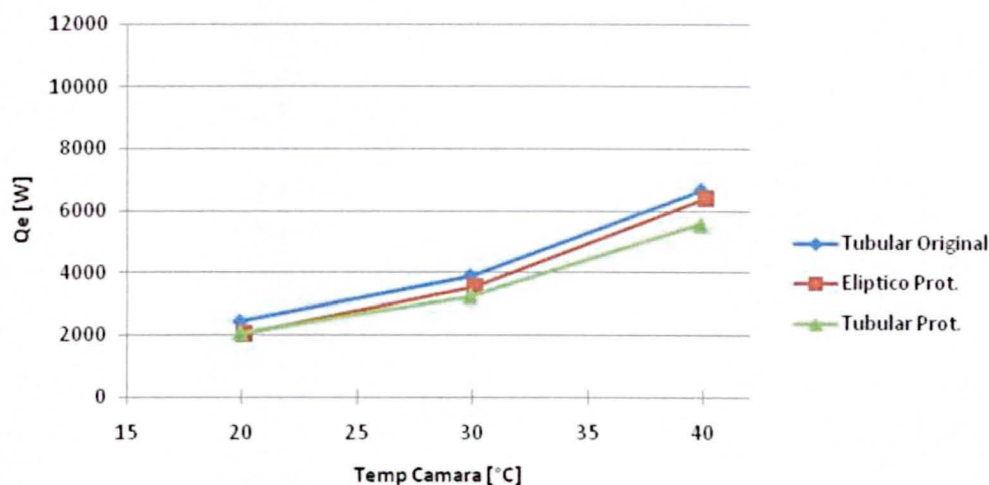


GRÁFICO 46 - Capacidade de refrigeração em Média velocidade

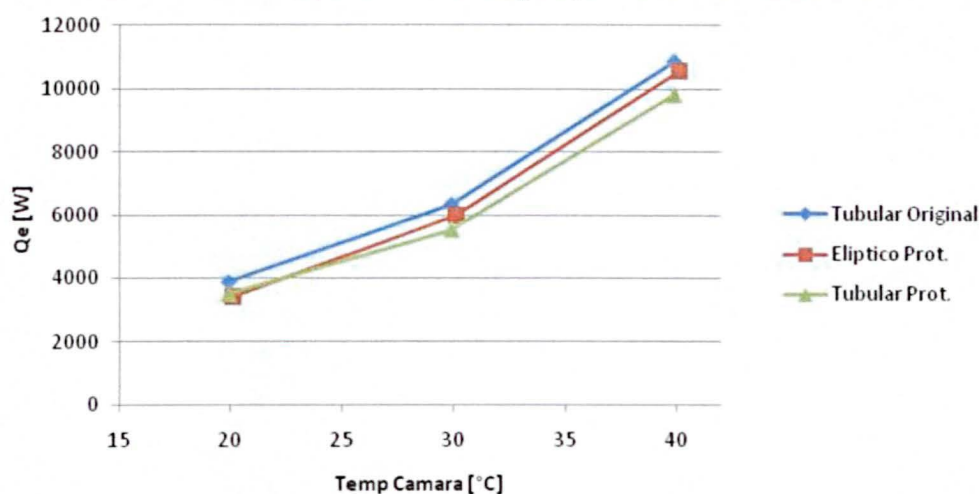


GRÁFICO 47 - Capacidade de refrigeração em Alta velocidade

Como é possível verificar nos gráficos 46 e 47 a capacidade de refrigeração de modo geral aumenta com o aumento da temperatura da câmara de ensaios. Este fenômeno pode basear-se no fato de o incremento da diferença de temperatura entre os dois fluidos (ar e fluido refrigerante), possibilitar uma troca térmica mais ampla, resultando em maiores níveis de superaquecimento do fluido refrigerante.

Mais explicações a respeito do comportamento dos dados experimentais serão apresentadas com a apresentação dos valores do COP.

5.2 POTÊNCIA CONSUMIDA

Como último dado experimental, nos gráficos 48 a 56 são mostradas as potências totais consumidas pelo sistema em regime permanente de operação.

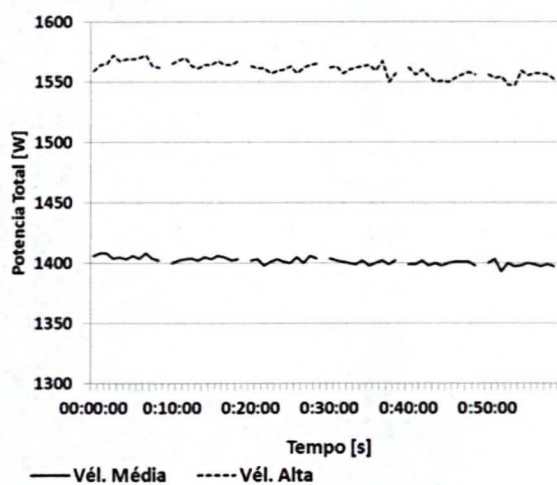


GRÁFICO 48 - Potências totais: evaporador original e temp. câmara de 20°C

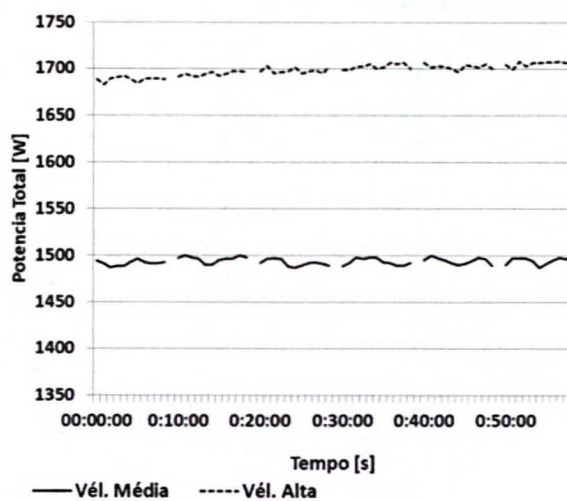


GRÁFICO 49 - Potências totais: evaporador original e temp. câmara de 30°C

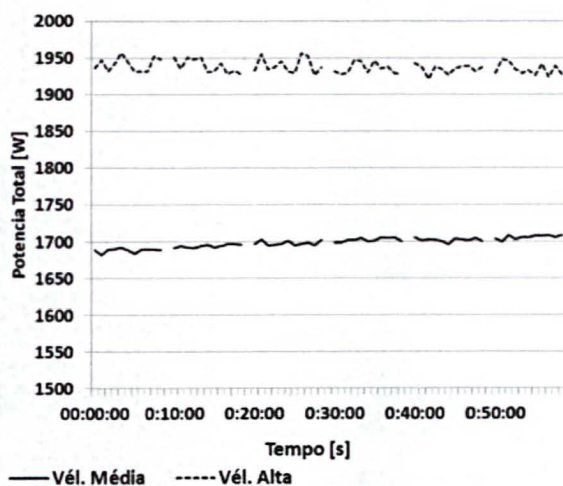


GRÁFICO 50 - Potências totais: evaporador original e temp. câmara de 40°C

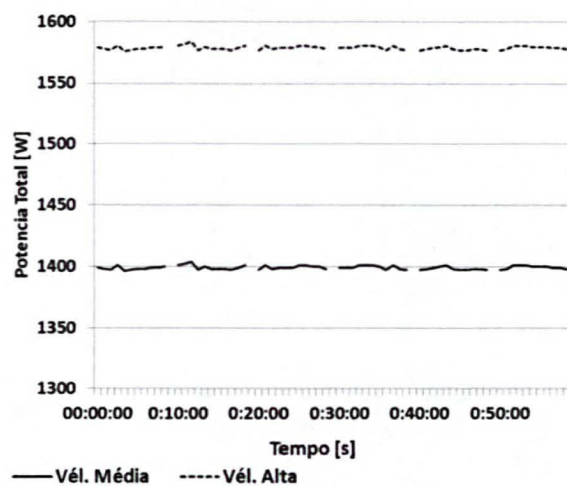


GRÁFICO 51 - Potências totais: evaporador protótipo elíptico e temp. câmara de 20°C

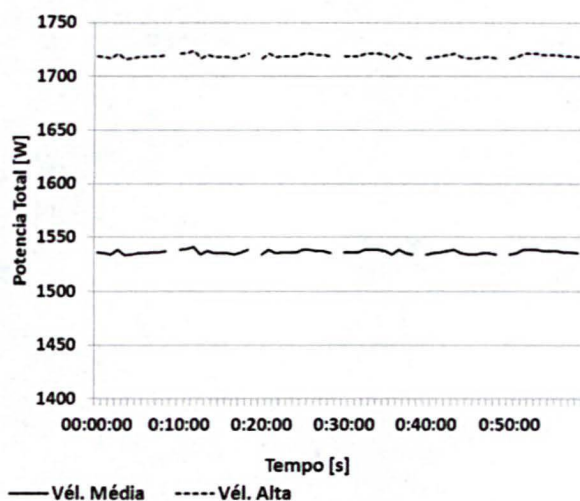


GRÁFICO 52 - Potências totais: evaporador protótipo elíptico e temp. câmara de 30°C

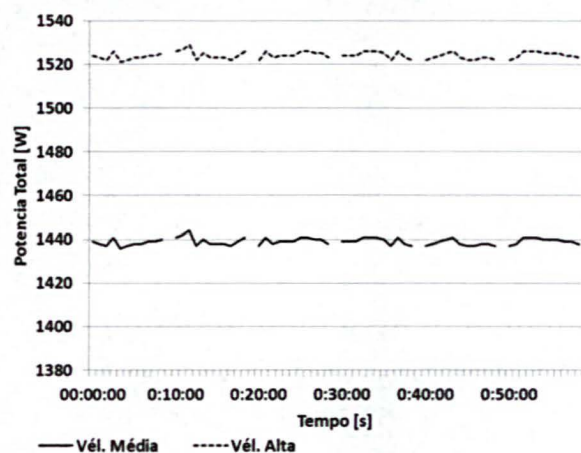


GRÁFICO 54 - Potências totais: evaporador protótipo circular e temp. câmara de 20°C

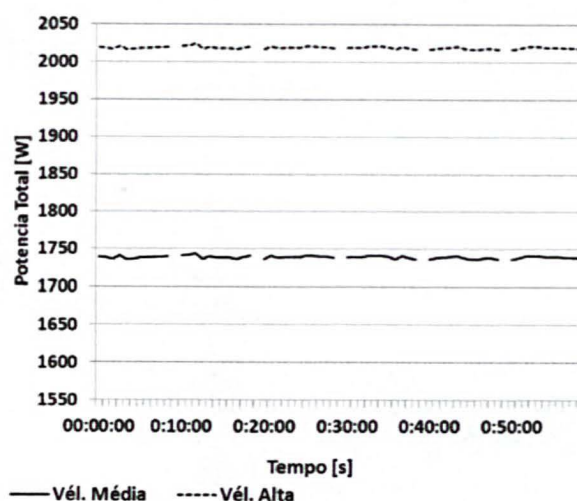


GRÁFICO 53 - Potências totais: evaporador protótipo elíptico e temp. câmara de 20°C

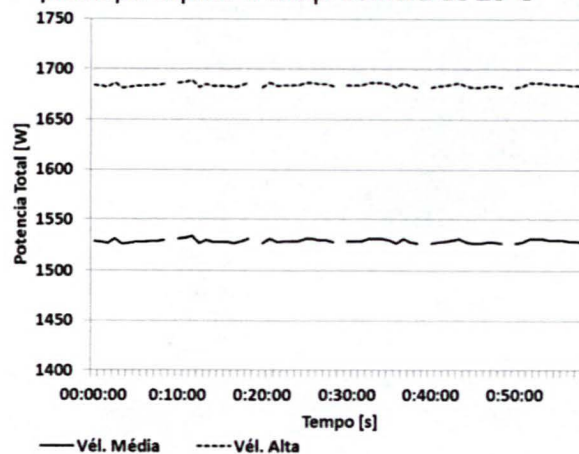


GRÁFICO 55 - Potências totais: evaporador protótipo circular e temp. câmara de 30°C

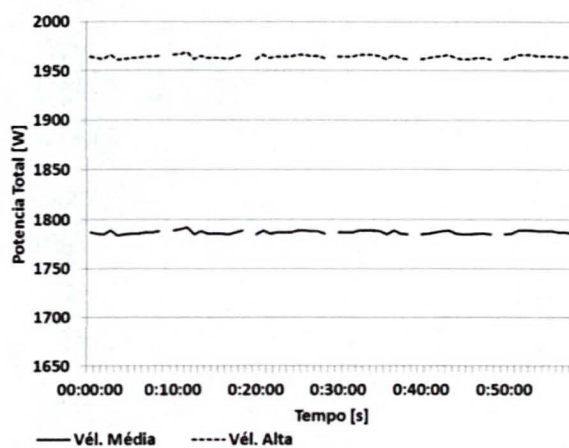


GRÁFICO 56 - Potências totais: evaporador protótipo circular e temp. câmara de 20°C

Conforme item 3, a partir das potências mensuradas pelo Wattímetro, mostrados nos gráficos 48 a 56, chegou-se à potência de compressão; deduzindo a potência em vazio, informado pelo fabricante (equação 26), considerada igual à:

- Unidade condensadora ⁷: 88 Watts, em ambos regimes.
- Unidade evaporadora ⁸: 20 Watts, em velocidade média.
31 Watts, em velocidade alta.

Numa primeira análise desta variável, podemos comparar os valores de potência consumida pelos três conjuntos, resultados estes mostrados no gráfico 57.

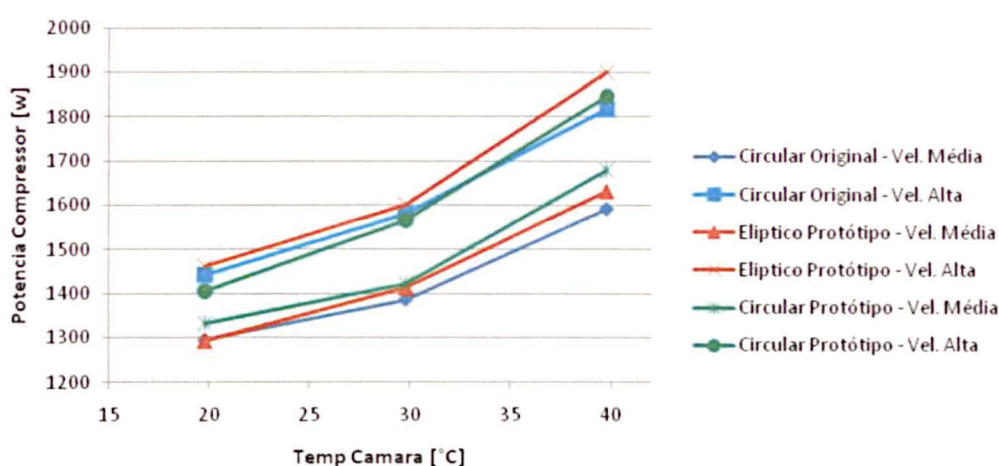


GRÁFICO 57 - Comparação de potência consumida

Analisando estes resultados, nota-se um aumento significativo da potência consumida pelo compressor, com o aumento da temperatura da câmara de ensaios. Presume-se que devido à maior variação energética do ar, possibilitada pela maior diferença entre as temperaturas de ambos os fluidos, da mesma forma como concluído no item 5.1 através da análise do comportamento da capacidade de refrigeração, com o aumento da temperatura do ar que entra no evaporador, ocorre um maior superaquecimento do fluido, que por sua vez resulta em mudança de fase do fluido refrigerante ainda no interior do trocador. Além disso, o superaquecimento acentuado do fluido acarreta em variações na sua densidade e consequente alteração do comportamento de seu escoamento já na linha de sucção. Pelo comportamento da potência consumida apresentado no gráfico 57, é revelado um incremento adicional à perda de carga no interior do trocador, e também no decorrer

⁷ Impossível de ser mensurada para confirmação devido ao seu acionamento elétrico ocorrer simultaneamente com o compressor.

⁸ Leitura do sistema de medição de energia, com o conjunto em modo exaustão (sem ciclo frigorífico, confirmando a informação do fabricante).

da linha de sucção. Este comportamento acaba por fazer com que o fluido retorne ao compressor a pressões mais baixas, e consequentemente necessitando de um maior consumo de energia para elevar a sua pressão aos níveis de pressão de condensação característicos do regime permanente de operação na condição analisada.

Numa segunda análise das variáveis, verifica-se uma maior potência consumida pelo sistema empregando os trocadores protótipos, aumento este da ordem de 10 a 15%, fato que pode ser explicado pelas condições internas inerentes do processo de fabricação do conjunto protótipo, que resultou em condições de maior perda de carga do fluido refrigerante (resíduos de solda no interior da tubulação, que estando aderidos às superfícies dos tubos, não puderam ser retirados quando da sua limpeza). Não descartando a possibilidade de pequenos amassamentos resultantes da conformação axial das conexões, que podem levar ao estrangulamento das vias. Outro fato relevante para o aumento da potência de compressão é o aumento da perda de carga do fluido refrigerante, devido à maior relação R/D das extremidades dos tubos.

5.3 COEFICIENTE DE PERFORMANCE.

Calculado a partir da equação 25, o COP é considerado como sendo a razão entre a capacidade de refrigeração e a potência de compressão. Conforme explanado no item 4.3; para diminuir a diferença tecnológica envolvida na fabricação do conjunto protótipo elíptico em comparação ao conjunto original fabricado em série, as principais conclusões são obtidas, através da comparação entre os dois evaporadores protótipos, chegando aos resultados apresentados na tabela 1.

TABELA 1 - Valores do COP para diferentes condições de operação e trocadores

COP						
Velocidade	Temp.	Tubular Original	Elíptico Prot.	Tubular Prot.	Eficiência Protótipos	Ganho Percentual
MÉDIA	20	1,87 ± 0,431	1,53 ± 0,500	1,59 ± 0,432	85%	-4%
	30	2,81 ± 0,511	2,50 ± 0,681	2,29 ± 0,688	82%	9%
	40	4,20 ± 1,184	3,82 ± 1,022	3,42 ± 0,973	81%	12%
ALTA	20	2,68 ± 0,800	2,42 ± 0,837	2,38 ± 0,813	89%	2%
	30	4,00 ± 1,112	3,82 ± 1,127	3,46 ± 1,045	86%	10%
	40	5,98 ± 1,401	5,73 ± 1,393	5,18 ± 1,583	87%	11%

Analisando o comportamento do COP de ambos os conjuntos tubulares (protótipo e serial), obteve-se uma comparação preliminar da eficiência do método construtivo desenvolvido durante este trabalho (coluna Eficiência Protótipos da tabela 1) da ordem de 85%.

De forma análoga, a relação entre o COP de ambos os conjuntos protótipos representa o ganho energético do conjunto geometricamente otimizado. Ganho este chegando á 12% nas condições analisadas, mostrando-se maior quando adotadas maiores temperaturas da câmara de ensaios.

Os mesmos dados são apresentados nos gráficos 58 e 59, onde é mais evidente a superioridade do conjunto tubular original, em comparação ao protótipo elíptico. Porém ao realizarmos a comparação somente entre os conjuntos protótipos, é possível visualizar uma prospecção de ganhos significativos do COP para o arranjo otimizado empregando tubos elípticos.

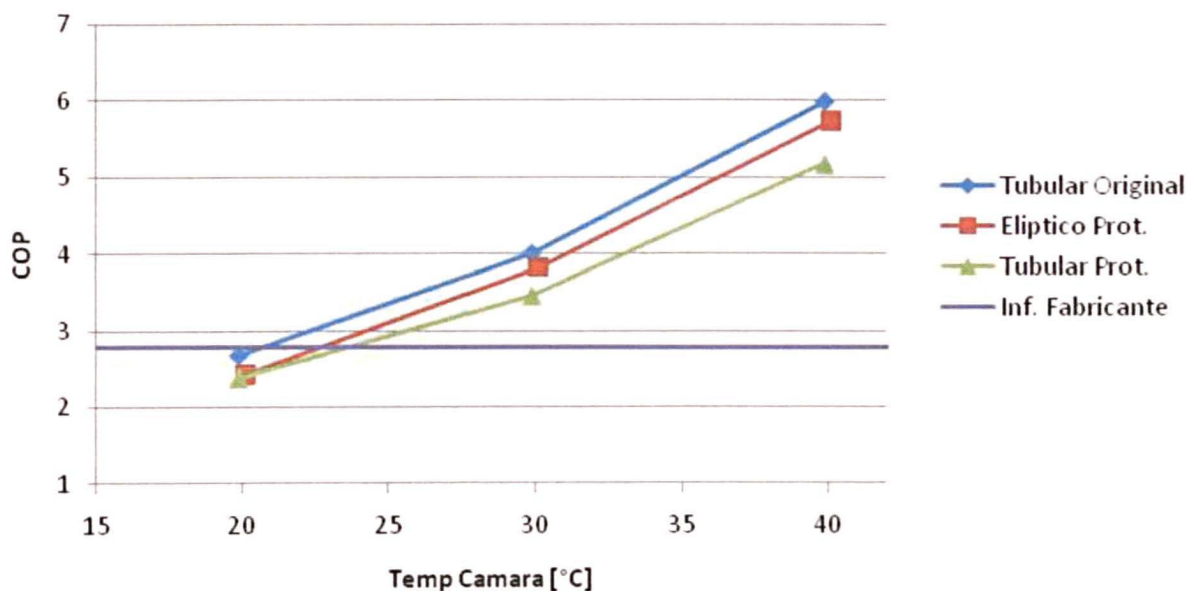


GRÁFICO 58 - COP para diferentes temperaturas da câmara de ensaio e trocadores, operando em Alta velocidade.

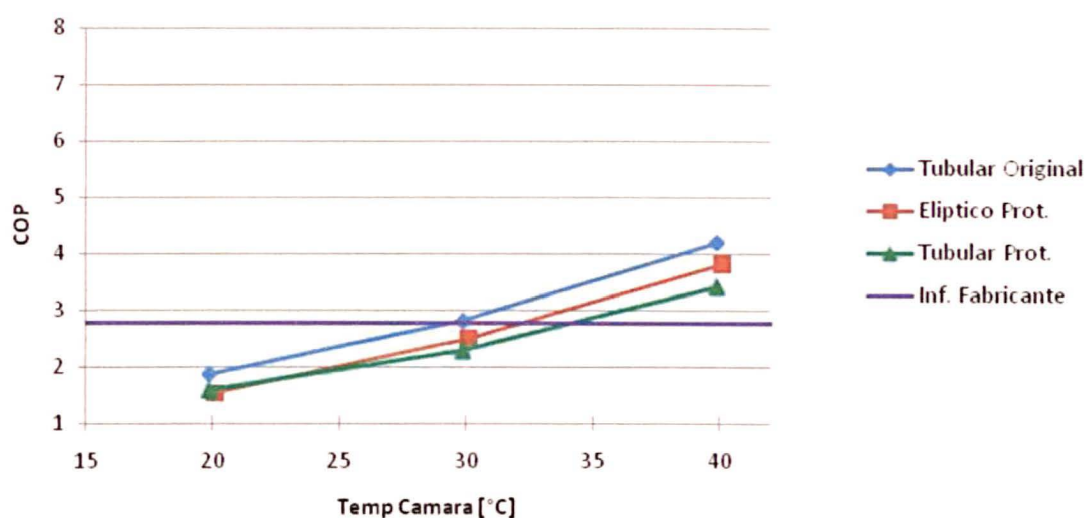


GRÁFICO 59 - COP para diferentes temperaturas da câmara de ensaio e trocadores, operando em Média velocidade.

O ganho da capacidade de troca térmica do equipamento otimizado, comparando-se os trocadores protótipos é ainda mais evidente no gráfico 60 onde notamos um aumento significativo da eficiência térmica do sistema para maiores temperaturas do ar de entrada no evaporador (câmara de ensaios). Porém para temperaturas e velocidade baixas ainda nota-se um decréscimo da ordem de 4%.

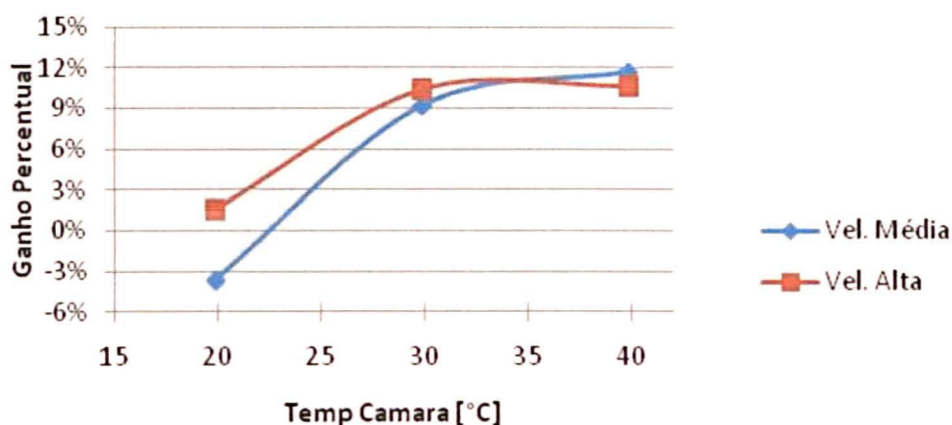


GRÁFICO 60 - Projeção do ganho percentual do trocar corrigido

O comportamento verificado leva a conclusão de que o simples emprego da geometria otimizada somente na unidade evaporadora, sem alterações no comprimento e número de tubos, pressões de trabalho e regimes de operação, leva ao aumento da capacidade de refrigeração e consequentemente do COP do sistema. Porém nota-se que o correto dimensionamento de todos os parâmetros e componentes, pode levar a níveis ainda maiores de eficiência energética.

6 CONCLUSÃO

Os resultados experimentais desta pesquisa comprovam os ganhos técnicos quando empregando tubos elípticos em arranjo otimizado de acordo com Matos (2003) e Mainardes (2007) em equipamentos de climatização doméstica. Obtendo-se ganhos da ordem de 12% para os casos de maiores diferenças de temperaturas e velocidades do ventilador.

Estes resultados evidenciam a possibilidade do desenvolvimento mais aprofundado de métodos de fabricação de acordo com as características geométricas almejadas. Possibilitando-se o desenvolvimento de produtos tecnicamente superiores, que podem refletir no emprego de menor massa de matéria prima para se obter mesmo resultado, ou no uso de equipamentos menores, ocupando espaços significativamente inferiores, sem perder qualidade operacional. Considerando-se a possibilidade do emprego de melhor distribuição dos tubos elípticos, tornando possível a instalação de mais tubos na mesma área disponível, é possível esperar por resultados ainda melhores ao empregarmos estas características geométricas otimizadas, resultando em equipamentos de maior capacidade, porém ocupando o mesmo volume.

Os valores obtidos experimentalmente para todas as variáveis mostram-se dentro do esperado, assim como o valor do COP obtido através da análise matemática destas variáveis; todos dentro da ordem de grandeza informada pelo fabricante.

Como sequência natural para o presente trabalho, sugere-se a medição da perda de carga para os diversos tipos de trocadores estudados, bem como para equipamentos de ar condicionado de maior capacidade e outros formatos de trocadores.

REFERÊNCIAS

ALNOR S/A. **Data sheet - Modelos AVT55; 65 e 75.** [S.l.].

ASHRAE. **2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI).** Atlanta: American Society of Heating Refrigeration and Air-conditioning, 2001.

BEJAN, A. **Shape and Structure, from Engineering to Nature.** Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

BORDALO, S. N.; SABOYA, F. E. M. Pressure drop coefficients for elliptic and circular sections in one, two and three-row arrangements of plate fin and tube heat exchangers. **J. Braz. Soc. Mech. Sci. XXI**, 1999.

DENSO. **Curso sobre Sistema de Ar Condicionado Automotivo - Versão I**, 1997.

EHLERS, R. S. **Introdução à Estatística.** 2-ª Edição. ed. Curitiba: Departamento de Estatística da UFPr, 2005.

FERNANDES, R. V. **Análise computacional de um sistema de ar condicionado automotivo.** Brasília: Trabalho de Graduação - Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, 2006.

HE, Y. . T. Y. . T. W. Numerical study on the performance of wavy fin heat exchangers with different elliptic tube patterns. **Progress in Computational Fluid Dynamics** 8, 2008. 510-517.

HORVAT, A. . M. B. Drag coefficient and Stanton number behavior in fluid flow across a bundle of wing-shaped tubes. **Journal of Heat Transfer**, 2006. 969-978.

IBRAHIM, T. A. A. . G. A. B. Thermal performance criteria of elliptic tube bundle in crossflow. **International Journal of Thermal Sciences**, 2009. 2148-2158.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferencia de Calor.** 6-ª edição. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

JANGA, J.-Y.; YANG, J.-Y. Experimental and 3-D Numerical Analysis of the Thermal-Hydraulic Characteristics of Elliptic Finned-Tube Heat Exchangers. **Heat Transfer Engineering**, 19, 1998. 55-67.

KHAN, M. G. . F. A. . T. D. S.-K. An experimental characterization of cross-flow cooling of air via an in-line elliptical tube array. **International Journal of Heat and Fluid Flow**, 2004. 636-648.

KUNDU, B. . M. B. . D. P. K. Performance analysis of plate fins circumscribing elliptic tubes. **Heat Transfer Engineering**, 2006. 86-94.

KW ENGINEERING. **Site da kW Engineering.** Disponível em: <<http://www.kw-engineering.com>>. Acesso em: 18 set. 2010.

LAB. FISICA UFPR. **Fisica Experimental I**. Curitiba: Departamento de Fisica da UFPr, v. Apostila, 2004.

LANDIS&GYR. **Data sheet - Saga - 2300**: Medidor Eletronico de Energia. São Paulo: [s.n.], 2007.

MAINARDES, R. L. S. **Otimização de trocadores de calor aletados de tubos circulares e elípticos em regime turbulento**. Curitiba: Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - PIPE, Universidade Federal do Paraná, 2007.

MAINARDES, R. L. S. et al. **Optimally staggered finned circular and elliptic tubes in turbulent forced convection**. [S.l.]: International Journal of Heat and Mass Transfer, 2007.

MATOS, R. S. **Otimização e Comparação de Desempenho de Trocadores de Calor de Tubos Circulares e Elípticos Aletados**. Curitiba: Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)-PIPE, Universidade Federal do Paraná, 2003.

MATOS, R. S. et al. **Optimization study and heat transfer comparison of staggered circular and elliptic tubes in forced convection**. [S.l.]: International Journal of Heat and Mass Transfer, 2001.

MATOS, R. S. et al. **Optimally staggered finned circular and elliptic tubes in forced convection**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2004.

MATOS, R. S. et al. **Three-dimensional optimization of staggered finned circular and elliptic tubes in forced convection**. International Journal of Thermal Science: [s.n.], 2004.

OLIVEIRA, R. S. D. **Metologia para Caracterização do Desempenho de Unidades de Ar Condicionado de Janela**. Recife: Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

PETTERSENT, J.; HAFNER, A.; SKAUGEN, G. . **Development of compact heat exchangers for CO2 air-conditioning systems**. International Journal of Refrigeration: [s.n.], 1998.

QI, Z.; ZHAO, Y.; CHEN, J. **Performance Enhancement Study of Mobile Air Conditioning System Using Microchannel Heat Exchangers**. [S.l.]: International Journal of Refrigeration, 2009.

ROCHA, L. A. O.; SABOYA, F. E. M.; VARGAS, J. V. C. **A comparative study of elliptical and circular sections in one and two-row tubes and plate fin heat exchanger**. [S.l.]: Int. J. Heat fluid Flow, v. 18, 1997.

ROSMAN, E. C.; CARAJILELESCOV, P.; SABOYA, F. E. M. **Performance of tube of one and two-row tube and plate fin heat exchangers**. J. Heat Transfer. [S.l.]: [s.n.]. 1984. p. 627-632.

SABOYA, F. E. M.; SPARROW, E. M. **Transfer characteristics of two-row plate fin and tube heat exchanger configuration.** [S.l.]: Int. j. Heat mass Transfer, v. 19, 1976. 41-49 p.

SABOYA, S. M.; SABOYA, F. E. M. **Experiments on elliptic sections in one and two-row arrangements of plate fin and tube heat exchangers.** [S.l.]: Experimental Thermal and Fluid Science, 2001.

SPRINGER DO BRASIL. **Manual de Instalação, Operação e Manutenção.** Manaus: [s.n.], 2008.

THERMOMETRICS. **Humidity Sensors: Type HU10 - Relative Humidity Transmitter Unit.** [S.l.]. 2007.

WIKIPEDIA. Disponível em: <www.wikipedia.com>. Acesso em: 01 jun. 2011.

WU, X. . W. L.-B. . S. K.-W. Experimental and numerical analysis of heat transfer and flow characteristics on the air side of a flat tube bank plain fin heat exchanger. **Computational Thermal Sciences 1 (4)**, 2009. 441-460.

ANEXO 1 – DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE AR - ASHRAE

retirado de ASHRAE (2001, p. 14.16,17)

MEASURING FLOW IN DUCTS

Because velocity in a duct is seldom uniform across any section, and a pitot tube reading or thermal anemometer indicates velocity at only one location, a traverse is usually made to determine average velocity. Generally, velocity is lowest near the edges or corners and greatest at or near the center.

To determine the velocity in a traverse plane, a straight average of individual point velocities will give satisfactory results when point velocities are determined by the **log-Tchebycheff rule** (ISO *Standard* 3966) or, if care is taken, by the **equal area method**. Figure 6 shows suggested sensor locations for traversing round and rectangular ducts. The log-Tchebycheff rule provides the greatest accuracy because its location of traverse points accounts for the effect of wall friction and the fall-off of velocity near wall ducts.

This method is now recommended for rectangular ducts, although for circular ducts the log-Tchebycheff and log-linear traverse methods are similar. Log-Tchebycheff minimizes the positive error (measured greater than actual) caused by the failure to account for losses at the duct wall. This error can occur when using the older method of equal subareas to traverse rectangular ducts.

For a rectangular duct traverse, a minimum of 25 points should be measured. For a duct size less than 450 mm, the points should be located at the center of equal areas not more than 150 mm apart, and a minimum of 2 points per side should be used. For a duct side greater than 1400 mm, the maximum distance between points is 200 mm. For a circular duct traverse, the log-linear rule and three symmetrically disposed diameters may be used (Figure 6). Points on two perpendicular diameters may be used where access is limited.

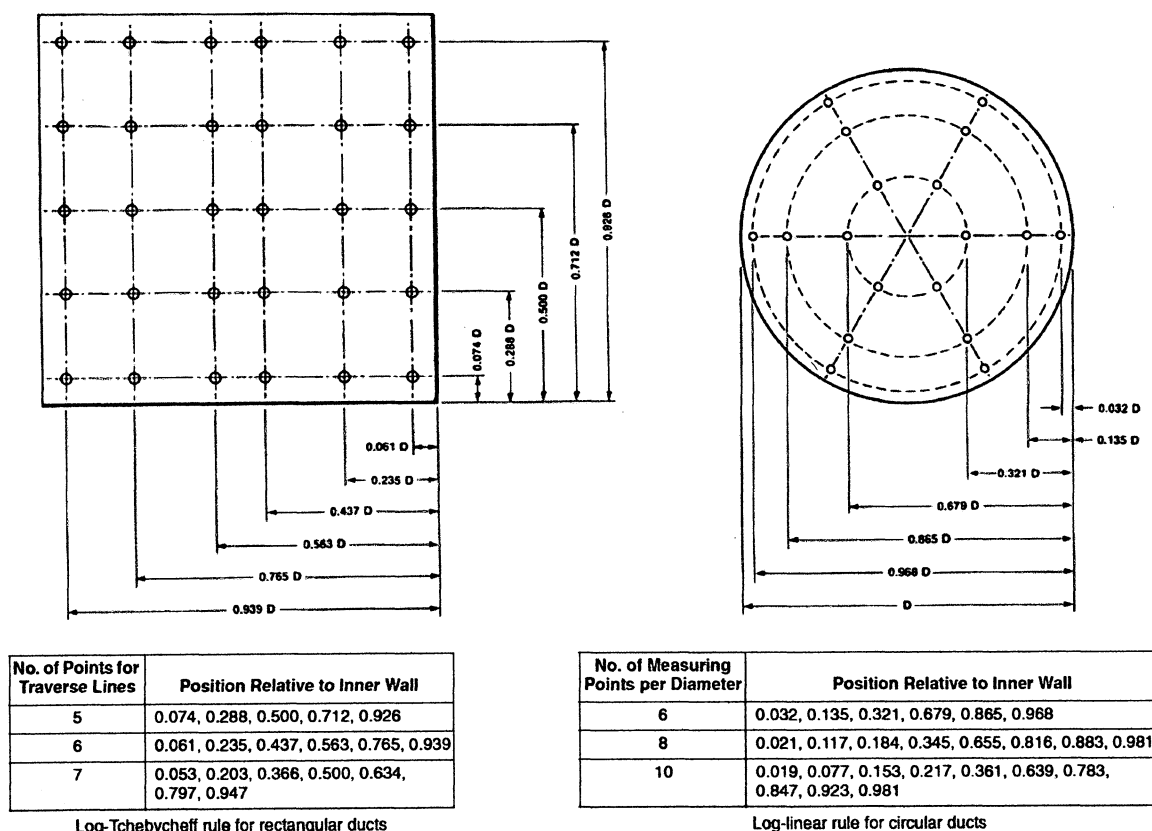
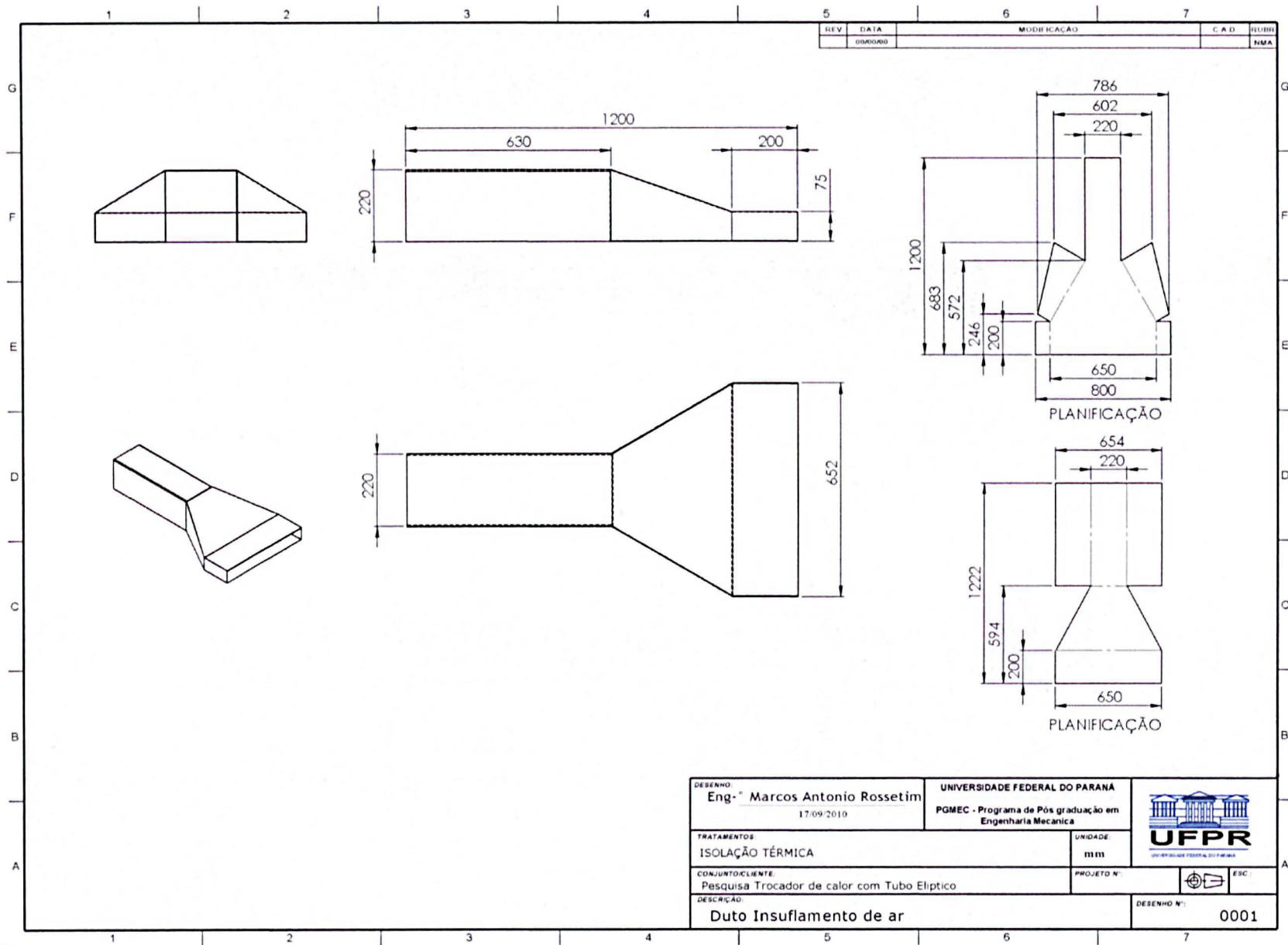


FIGURA 52 - Pontos de medição para determinação da vazão de ar retirado de ASHRAE (2001), onde era *Figure 6*.

If possible, measuring points should be located at least 7.5 diameters downstream and 3 diameters upstream from a disturbance (e.g., caused by a turn). Compromised traverses as close as 2 diameters downstream and 1 diameter upstream can be performed with an increase in measurement error. Because field-measured airflows are rarely steady and uniform, particularly near disturbances, accuracy can be improved by increasing the number of measuring points.

Straightening vanes (ASHRAE *Standard* 51) located 1.5 duct diameters ahead of the traverse plane improve measurement precision. When velocities at a traverse plane fluctuate, the readings should be averaged on a time-weighted basis. Two traverse readings in short succession also help to average out velocity variations that occur with time. If negative velocity pressure readings are encountered, they are considered a measurement value of zero and calculated in the average velocity pressure. ASHRAE *Standard* 111 has further information on measuring flow in ducts.

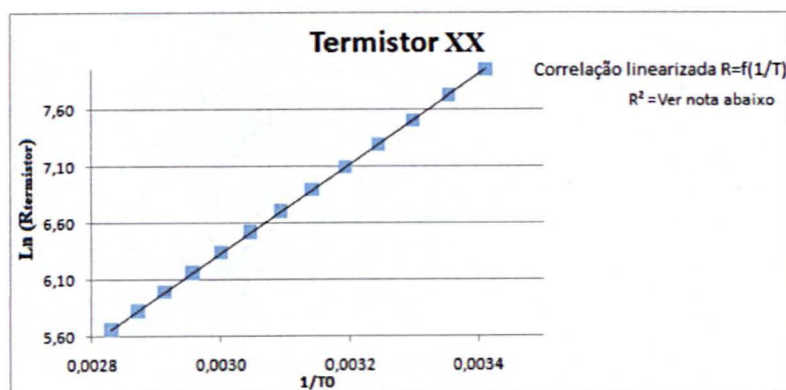
ANEXO 2 – DUTO DE INSUFLAMENTO DE AR



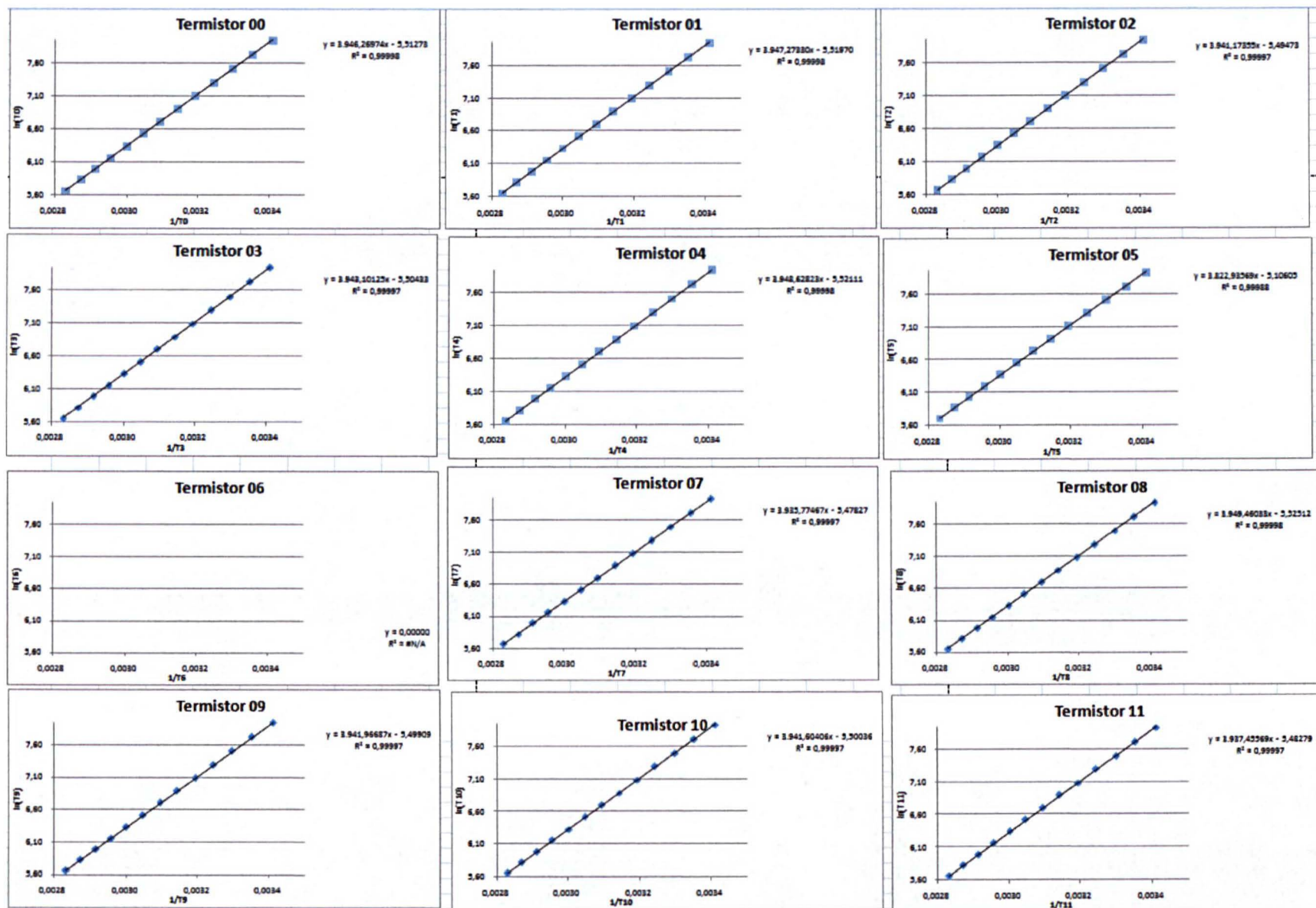
ANEXO 3

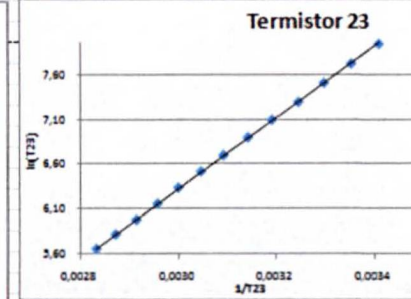
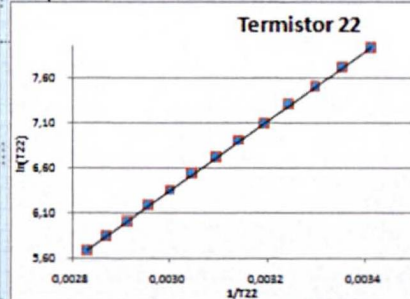
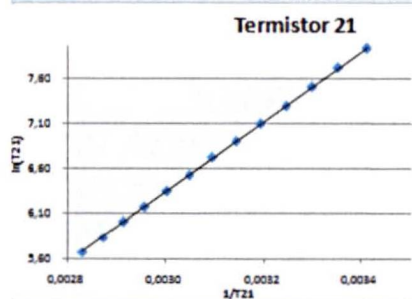
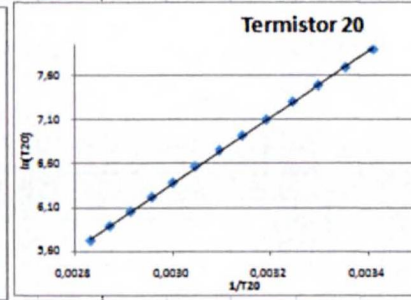
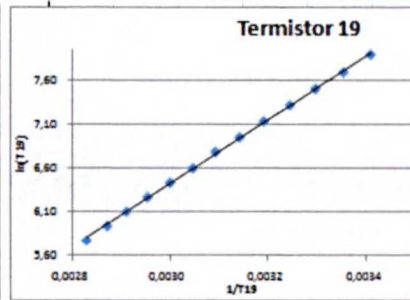
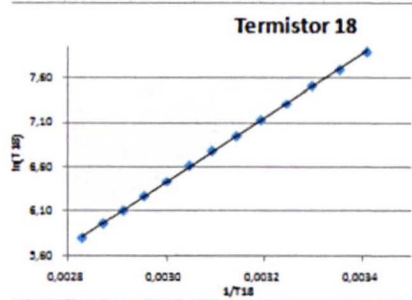
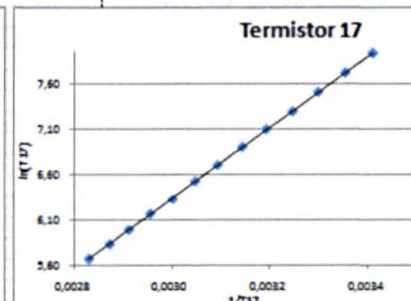
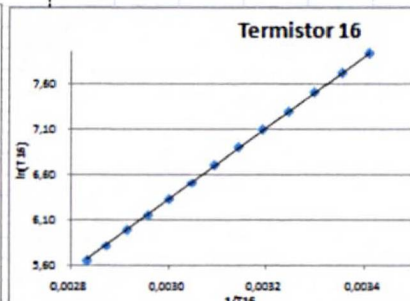
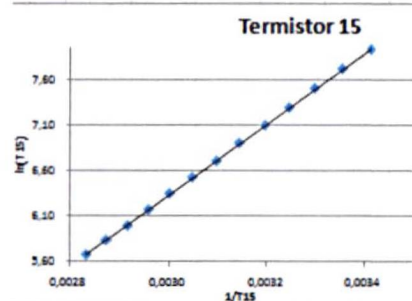
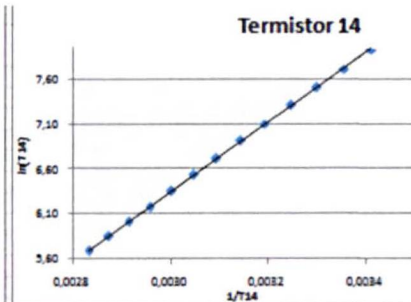
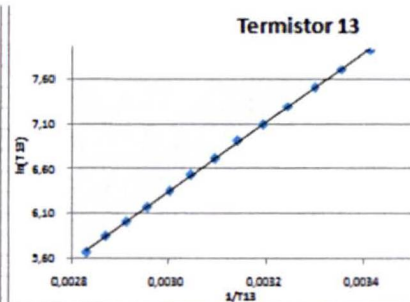
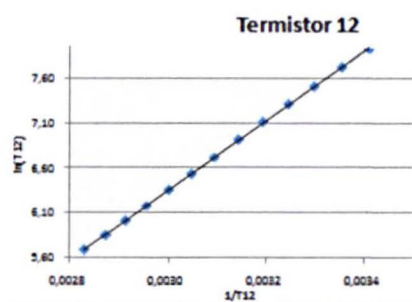
Calibração em banho térmico dos termopares

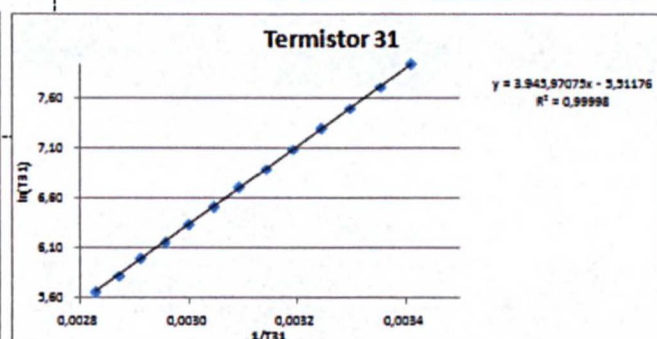
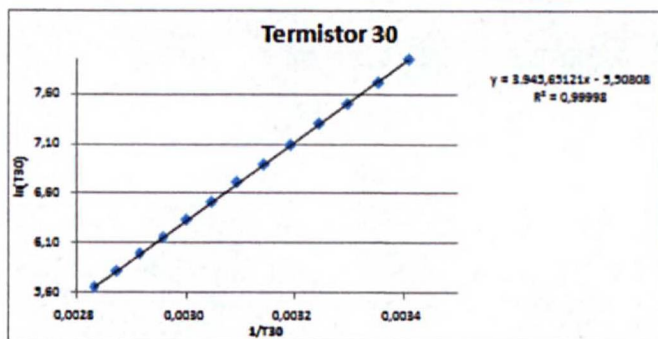
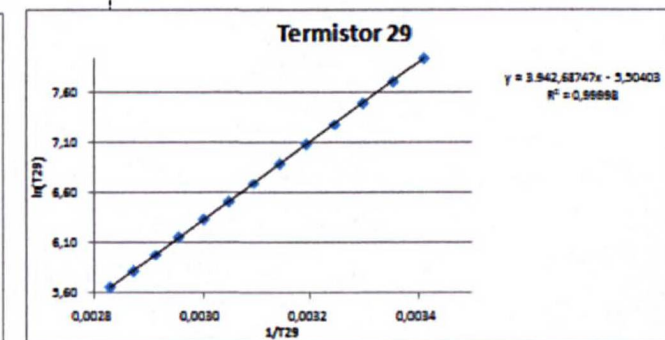
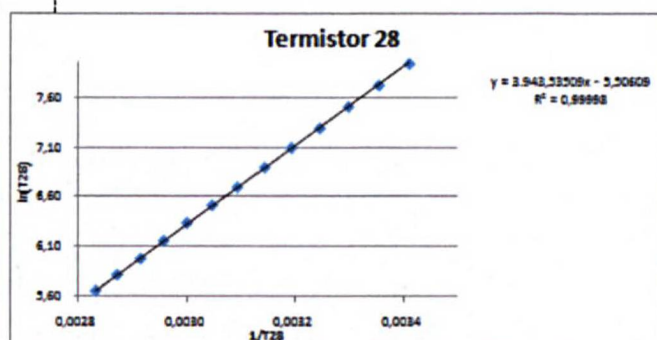
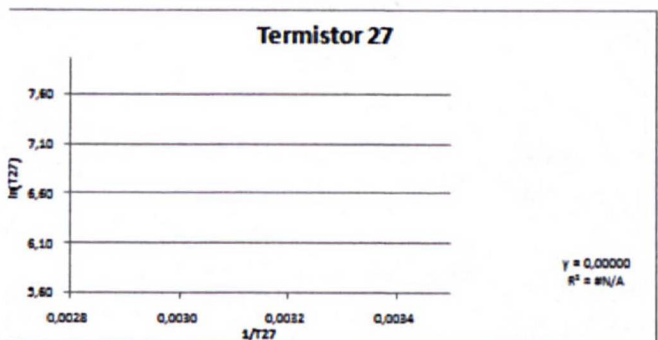
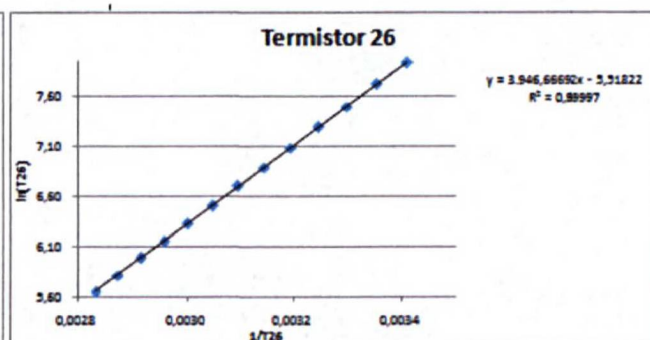
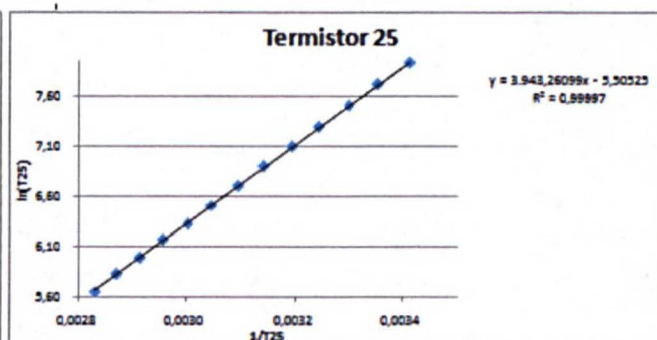
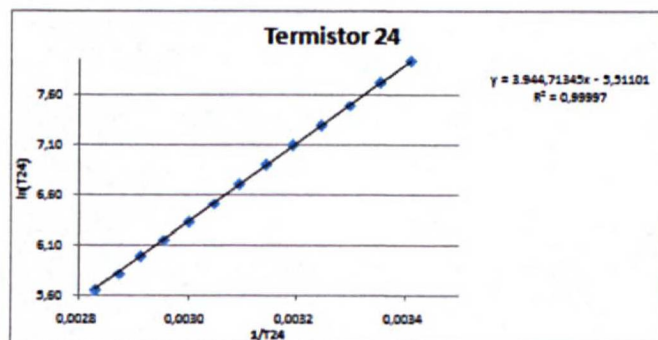
TERMISTORES LMH - 15-01-2010					
Termistores calibrados em tubos de cobre de 1/2" na faixa de 20°C a 80°C					
termistor		alfa	B	beta	
0	$y = 3.946,26974x - 5,51273$	3946,26974	5,51273	715,84673	
1	$y = 3.947,27330x - 5,51970$	3947,27330	5,51970	715,12461	
2	$y = 3.941,17355x - 5,49473$	3941,17355	5,49473	717,26428	
3	$y = 3.943,10125x - 5,50433$	3943,10125	5,50433	716,36353	
4	$y = 3.948,62823x - 5,52111$	3948,62823	5,52111	715,18739	
5	$y = 3.822,93569x - 5,10605$	3822,93569	5,10605	748,70706	
6	0	0,00000	0,00000	#DIV/0!	
7	$y = 3.935,77467x - 5,47827$	3935,77467	5,47827	718,43386	
8	$y = 3.949,46033x - 5,52512$	3949,46033	5,52512	714,81892	
9	$y = 3.941,96687x - 5,49909$	3941,96687	5,49909	716,83985	
10	$y = 3.941,60406x - 5,50036$	3941,60406	5,50036	716,60838	
11	$y = 3.937,45569x - 5,48279$	3937,45569	5,48279	718,14819	
12	$y = 3.860,66873x - 5,22926$	3860,66873	5,22926	738,28204	
13	$y = 3.869,03241x - 5,25948$	3869,03241	5,25948	735,63022	
14	$y = 3.863,34396x - 5,23940$	3863,34396	5,23940	737,36381	
15	$y = 3.925,59449x - 5,44564$	3925,59449	5,44564	720,86926	
16	$y = 3.945,79271x - 5,51464$	3945,79271	5,51464	715,51229	
17	$y = 3.937,50813x - 5,48660$	3937,50813	5,48660	717,65905	
18	$y = 3.598,55904x - 4,36758$	3598,55904	4,36758	823,92516	
19	$y = 3.641,06106x - 4,50738$	3641,06106	4,50738	807,79989	
20	$y = 3.764,94089x - 4,91731$	3764,94089	4,91731	765,65051	
21	$y = 3.909,57551x - 5,39111$	3909,57551	5,39111	725,18934	
22	$y = 3.899,77123x - 5,35551$	3899,77123	5,35551	728,17925	
23	$y = 3.945,56332x - 5,51432$	3945,56332	5,51432	715,51222	
24	$y = 3.944,71345x - 5,51101$	3944,71345	5,51101	715,78775	
25	$y = 3.943,26099x - 5,50525$	3943,26099	5,50525	716,27283	
26	$y = 3.941,05317x - 5,49742$	3941,05317	5,49742	716,89141	
27	0	0,00000	0,00000	#DIV/0!	
28	$y = 3.943,53509x - 5,50609$	3943,53509	5,50609	716,21334	
29	$y = 3.942,68747x - 5,50403$	3942,68747	5,50403	716,32739	
30	$y = 3.945,65121x - 5,50808$	3945,65121	5,50808	716,33876	
31	$y = 3.945,97075x - 5,51176$	3945,97075	5,51176	715,91846	



Nota: R-quadrado da regressão, que mede a proporção da variabilidade em Y que é explicada por X







ANEXO 4

Resultados experimentais

TROCADOR DE CALOR CONVENCIONAL

Realização: 15/09/2010 das 9:15 as 19:35

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CONVENCIONAL			
Data:	15/9/2010	RESULTADO	
Pressão Atmosferia	90,88 kPa	COP Médio 1,87 ± 0,431	
Area do Duto	0,0484 m²	COP Nominal Fabricante: 2,77	
Velocidade exaustor:	Média	Diferença percentual 65%	
Potencia vazio	108 W		
Fator Correção Vazão	0,8229		
Temperatura da camara	20 °C		

Universidade Federal do Paraná		
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica		
Análise Experimental em camara climatizada -Laboratório Maquinas Hidraulicas		
Dissertação de Mestrado:		
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização		
por: Marcos Antonio Rossetim		
$COP_{min} = m' \cdot \min^*(h1_{min} - h2_{max}) / PotLiq_{max}$ $COP_{max} = m' \cdot \max^*(h1_{max} - h2_{min}) / PotLiq_{min}$ $m'_{max} = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{rmax}; P)$ $m'_{min} = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{rmin}; P)$ $h_{max} = (T_{Amax}; U_{rmax}; P)$ $h_{min} = (T_{Amin}; U_{rmin}; P)$		

		Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance					
Canal		0		1		2		4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP		
Hora		UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	Vm ± 2%								σ	2σ	TAe2 [°C]		2σ	TFe1	TFe2		[W]	max	min	max	min	max	min	max	min	media
11:25:00		75,8 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,49 ± 0,050	20,62	21,00	19,89	20,12	20,62	20,65	0,404	20,48 ± 0,808	9,47	9,22	9,35 ± 0,808	8,44	3,3	5,14	1406 ± 14,1	57,25	48,98	28,18	23,12	0,091	0,088	2,36	1,42	1,89 ± 0,47	
11:25:30		75,8 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,5 ± 0,050	20,61	21,00	19,9	20,12	20,62	20,66	0,401	20,49 ± 0,803	9,47	9,22	9,35 ± 0,803	8,44	3,3	5,14	1408 ± 14,1	57,23	49,00	28,17	23,13	0,091	0,088	2,37	1,43	1,90 ± 0,47	
11:26:00		75,8 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,56 ± 0,051	20,61	21,00	19,9	20,12	20,62	20,65	0,400	20,48 ± 0,801	9,47	9,22	9,35 ± 0,801	8,43	3,29	5,14	1408 ± 14,1	57,22	49,00	28,17	23,14	0,093	0,090	2,42	1,46	1,94 ± 0,48	
11:26:30		75,81 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,31 ± 0,046	20,6	21,00	19,89	20,12	20,62	20,66	0,404	20,48 ± 0,807	9,47	9,21	9,34 ± 0,807	8,43	3,28	5,15	1404 ± 14,0	57,24	48,98	28,17	23,11	0,084	0,082	2,20	1,32	1,76 ± 0,44	
11:27:00		74,24 ± 3,7	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,5 ± 0,050	20,6	20,99	19,89	20,13	20,62	20,67	0,400	20,48 ± 0,800	9,46	9,21	9,34 ± 0,800	8,43	3,28	5,15	1405 ± 14,1	56,47	48,39	28,14	23,12	0,091	0,088	2,32	1,39	1,86 ± 0,47	
11:27:30		75,78 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,52 ± 0,050	20,6	20,99	19,9	20,12	20,62	20,66	0,398	20,48 ± 0,796	9,46	9,22	9,34 ± 0,796	8,42	3,27	5,15	1403 ± 14,0	57,19	49,00	28,15	23,14	0,092	0,089	2,39	1,45	1,92 ± 0,47	
11:28:00		75,81 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,37 ± 0,047	20,6	21,00	19,9	20,12	20,62	20,65	0,400	20,48 ± 0,800	9,45	9,21	9,33 ± 0,800	8,42	3,27	5,15	1406 ± 14,1	57,22	49,00	28,13	23,11	0,087	0,084	2,25	1,36	1,80 ± 0,45	
11:28:30		75,94 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,45 ± 0,049	20,59	20,99	19,89	20,11	20,62	20,65	0,401	20,48 ± 0,803	9,46	9,21	9,34 ± 0,803	8,42	3,26	5,16	1404 ± 14,0	57,27	49,02	28,15	23,11	0,089	0,086	2,33	1,41	1,87 ± 0,46	
11:29:00		75,8 ± 3,8	79,11 ± 4,0	79,11 ± 4,0	79,11 ± 4,0	2,56 ± 0,051	20,59	20,99	19,89	20,13	20,62	20,66	0,399	20,48 ± 0,797	9,45	9,2	9,33 ± 0,797	8,41	3,26	5,15	1408 ± 14,1	57,20	49,00	28,12	23,11	0,093	0,090	2,43	1,47	1,95 ± 0,48	
11:29:30		75,79 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,3 ± 0,046	20,6	20,99	19,89	20,12	20,61	20,65	0,399	20,48 ± 0,799	9,45	9,2	9,33 ± 0,799	8,4	3,25	5,15	1404 ± 14,0	57,19	48,98	28,12	23,10	0,084	0,081	2,19	1,32	1,75 ± 0,43	
11:30:00		75,78 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,45 ± 0,049	20,6	20,98	19,88	20,11	20,61	20,65	0,402	20,47 ± 0,803	9,46	9,19	9,33 ± 0,803	8,4	3,25	5,15	1402 ± 14,0	57,18	48,95	28,13	23,09	0,089	0,086	2,33	1,41	1,87 ± 0,46	
11:35:00		75,78 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,4 ± 0,048	20,59	20,98	19,89	20,11	20,61	20,66	0,399	20,47 ± 0,798	9,44	9,19	9,32 ± 0,798	8,41	3,24	5,17	1400 ± 14,0	57,17	48,97	28,10	23,08	0,088	0,085	2,29	1,38	1,84 ± 0,45	
11:35:30		75,78 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,44 ± 0,049	20,59	20,98	19,88	20,11	20,6	20,65	0,400	20,47 ± 0,801	9,44	9,19	9,32 ± 0,801	8,4	3,24	5,16	1402 ± 14,0	57,16	48,95	28,10	23,07	0,089	0,086	2,32	1,40	1,86 ± 0,46	
11:36:00		75,78 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,3 ± 0,046	20,58	20,97	19,88	20,12	20,61	20,66	0,397	20,47 ± 0,794	9,44	9,18	9,31 ± 0,794	8,4	3,23	5,17	1403 ± 14,0	57,15	48,97	28,08	23,08	0,084	0,081	2,19	1,32	1,75 ± 0,43	
11:36:30		75,78 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,31 ± 0,046	20,59	20,98	19,88	20,12	20,6	20,65	0,399	20,47 ± 0,797	9,43	9,19	9,31 ± 0,797	8,39	3,23	5,16	1404 ± 14,0	57,16	48,96	28,08	23,07	0,084	0,081	2,19	1,33	1,76 ± 0,43	
11:37:00		75,78 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,3 ± 0,046	20,59	20,97	19,87	20,12	20,6	20,65	0,399	20,47 ± 0,798	9,43	9,18	9,31 ± 0,798	8,39	3,22	5,17	1402 ± 14,0	57,15	48,95	28,07	23,06	0,084	0,081	2,19	1,32	1,76 ± 0,43	
11:37:30		75,77 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,35 ± 0,047	20,59	20,97	19,87	20,1	20,6	20,65	0,403	20,46 ± 0,805	9,42	9,19	9,31 ± 0,805	8,39	3,22	5,17	1405 ± 14,1	57,16	48,92	28,09	23,05	0,086	0,083	2,23	1,35	1,79 ± 0,44	
11:38:00		75,77 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,42 ± 0,048	20,58	20,97	19,87	20,1	20,6	20,65	0,402	20,46 ± 0,804	9,43	9,18	9,31 ± 0,804	8,39	3,21	5,18	1403 ± 14,0	57,15	48,92	28,09	23,05	0,088	0,085	2,30	1,39	1,84 ± 0,46	
11:38:30		75,78 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,23 ± 0,045	20,58	20,96	19,86	20,1	20,6	20,64	0,401	20,46 ± 0,803	9,43	9,18	9,31 ± 0,803	8,38	3,21	5,17	1406 ± 14,1	57,13	48,91	28,08	23,05	0,081	0,079	2,11	1,28	1,70 ± 0,42	
11:39:00		75,75 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,4 ± 0,048	20,59	20,97	19,87	20,1	20,6	20,64	0,402	20,46 ± 0,803	9,41	9,17	9,29 ± 0,803	8,37	3,21	5,16	1405 ± 14,1	57,14	48,91	28,05	23,02	0,088	0,085	2,28	1,38	1,83 ± 0,45	
11:39:30		75,77 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,36 ± 0,047	20,58	20,96	19,87	20,1	20,6	20,64	0,399	20,46 ± 0,797	9,42	9,17	9,30 ± 0,797	8,37	3,2	5,17	1402 ± 14,0	57,11	48,93	28,05	23,04	0,086	0,083	2,24	1,36	1,80 ± 0,44	
11:40:00		75,9 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,39 ± 0,048	20,58	20,96	19,87	20,1	20,6	20,64	0,399	20,46 ± 0,797	9,41	9,16	9,29 ± 0,797	8,37	3,2	5,17	1403 ± 14,0	57,18	48,98	28,03	23,02	0,087	0,084	2,28	1,38	1,83 ± 0,45	
11:45:00		75,9 ± 3,8	79,11 ± 4,0	79,11 ± 4,0	79,11 ± 4,0	2,37 ± 0,047	20,58	20,97	19,87	20,1	20,59	20,64	0,400	20,46 ± 0,801	9,42	9,16	9,29 ± 0,801	8,37	3,2	5,17	1402 ± 14,0	57,19	48,97	28,05	23,03	0,087	0,084	2,26	1,37	1,81 ± 0,45	
11:45:30		75,76 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,35 ± 0,047	20,58	20,96	19,87	20,09	20,59	20,63	0,399	20,45 ± 0,797	9,41	9,17	9,29 ± 0,797	8,36	3,19	5,17	1403 ± 14,0	57,09	48,91	28,04	23,03	0,086	0,083	2,23	1,35	1,79 ± 0,44	
11:46:00		75,75 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,46 ± 0,049	20,59	20,96	19,86	20,1	20,59	20,63	0,401	20,46 ± 0,801	9,41	9,16	9,29 ± 0,801	8,36	3,18	5,18	1398 ± 14,0	57,11	48,90	28,03	23,02	0,090	0,087	2,35	1,42	1,88 ± 0,46	
11:46:30		75,74 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,39 ± 0,048	20,58	20,96	19,86	20,1	20,59	20,64	0,401	20,46 ± 0,802	9,4	9,16	9,28 ± 0,802	8,35	3,18	5,17	1401 ± 14,0	57,10	48,89	28,02	23,00	0,087	0,084	2,28	1,38	1,83 ± 0,45	
11:47:00		75,76 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,21 ± 0,044	20,58	20,96	19,87	20,09	20,59	20,63	0,399	20,45 ± 0,797	9,4	9,16	9,28 ± 0,797	8,34	3,17	5,17	1403 ± 14,0	57,09	48,91	28,02	23,01	0,081	0,078	2,10	1,27	1,69 ± 0,41	
11:47:30		75,77 ± 3,8	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	79,09 ± 4,0	2,39 ± 0,048	20,58	20,96	19,86	20,09	20,59	20,63	0,402	20,45 ± 0,803	9,4	9,14	9,27 ± 0,803	8,34	3,16	5,18	1401 ± 14,0	57,11	48,89	28,00	22,98	0,087	0,084	2,28	1,38	1,83 ± 0,45	
11:48:00		75,76 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,49 ± 0,050	20,58	20,95	19,86	20,1	20,59	20,64	0,398	20,45 ± 0,797	9,4	9,15	9,28 ± 0,797	8,34	3,16	5,18	1400 ± 14,0	57,09	48,91	28,00	23,00	0,091	0,088	2,37	1,44	1,90 ± 0,47	
11:48:30		75,76 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,62 ± 0,052	20,58	20,96	19,86	20,1	20,6	20,65	0,402	20,46 ± 0,805	9,4	9,14	9,27 ± 0,805	8,34	3,16	5,18	1405 ± 14,1	57,13	48,90	28,01	22,98	0,096	0,092	2,49	1,50	2,00 ± 0,49	
11:49:00		75,77 ± 3,8	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	79,10 ± 4,0	2,35 ± 0,047	20,58	20,95	19,86	20,09	20,6	20,64	0,401	20,45 ± 0,802	9,41	9,14	9,28 ± 0,802	8,34	3,16	5,18	1400 ± 14,0	57,11	48,90	28,01	22,99	0,086	0,0				

12:05:00	75,72 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,48 ± 0,050	20,57	20,97	19,88	20,1	20,59	20,64	0,397	20,46 ± 0,794	9,39	9,12	9,26 ± 0,794	8,28	3,11	5,17	1399 ± 14,0	57,08	48,92	27,95	22,97	0,091	0,087	2,37	1,44	1,90 ± 0,47
12:05:30	75,71 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,37 ± 0,047	20,57	20,97	19,87	20,1	20,59	20,64	0,400	20,46 ± 0,800	9,39	9,12	9,26 ± 0,800	8,28	3,1	5,18	1399 ± 14,0	57,09	48,89	27,96	22,96	0,087	0,084	2,26	1,37	1,82 ± 0,45
12:06:00	75,71 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,66 ± 0,053	20,57	20,96	19,87	20,1	20,59	20,64	0,397	20,46 ± 0,794	9,38	9,11	9,25 ± 0,794	8,27	3,1	5,17	1402 ± 14,0	57,07	48,90	27,93	22,95	0,097	0,094	2,53	1,54	2,03 ± 0,50
12:06:30	75,69 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,24 ± 0,045	20,57	20,96	19,86	20,08	20,59	20,63	0,403	20,45 ± 0,806	9,38	9,11	9,25 ± 0,806	8,27	3,1	5,17	1398 ± 14,0	57,07	48,84	27,95	22,92	0,082	0,079	2,14	1,29	1,72 ± 0,42
12:07:00	75,71 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,37 ± 0,047	20,56	20,95	19,85	20,09	20,59	20,64	0,402	20,45 ± 0,804	9,38	9,11	9,25 ± 0,804	8,27	3,09	5,18	1400 ± 14,0	57,07	48,85	27,95	22,93	0,087	0,084	2,26	1,37	1,81 ± 0,45
12:07:30	75,71 ± 3,8	79,07 ± 4,0	2,25 ± 0,045	20,57	20,96	19,85	20,09	20,59	20,64	0,405	20,45 ± 0,810	9,38	9,1	9,24 ± 0,810	8,27	3,09	5,18	1398 ± 14,0	57,10	48,84	27,95	22,90	0,082	0,079	2,15	1,30	1,73 ± 0,43
12:08:00	75,7 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,37 ± 0,047	20,59	20,97	19,88	20,12	20,61	20,67	0,399	20,47 ± 0,797	9,39	9,11	9,25 ± 0,797	8,26	3,09	5,17	1400 ± 14,0	57,13	48,94	27,94	22,95	0,087	0,084	2,26	1,37	1,82 ± 0,45
12:08:30	75,71 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,39 ± 0,048	20,65	21,01	19,95	20,19	20,65	20,73	0,388	20,53 ± 0,775	9,4	9,12	9,26 ± 0,775	8,27	3,09	5,18	1401 ± 14,0	57,25	49,17	27,92	23,01	0,087	0,084	2,29	1,40	1,84 ± 0,44
12:09:00	75,7 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,49 ± 0,050	20,71	21,06	20,05	20,27	20,73	20,81	0,373	20,61 ± 0,746	9,42	9,15	9,29 ± 0,746	8,29	3,09	5,20	1401 ± 14,0	57,39	49,47	27,91	23,12	0,091	0,088	2,38	1,48	1,93 ± 0,45
12:09:30	75,68 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,35 ± 0,047	20,8	21,14	20,2	20,4	20,82	20,91	0,347	20,71 ± 0,694	9,45	9,18	9,32 ± 0,694	8,31	3,11	5,20	1401 ± 14,0	57,56	49,92	27,86	23,29	0,086	0,083	2,25	1,43	1,84 ± 0,41
12:10:00	75,69 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,41 ± 0,048	20,91	21,22	20,3	20,51	20,94	21,03	0,344	20,82 ± 0,689	9,49	9,21	9,35 ± 0,689	8,33	3,12	5,21	1398 ± 14,0	57,90	50,25	27,92	23,37	0,088	0,085	2,33	1,49	1,91 ± 0,42
12:15:00	75,68 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,31 ± 0,046	21,22	21,45	20,66	20,82	21,19	21,31	0,304	21,11 ± 0,607	9,58	9,28	9,43 ± 0,607	8,39	3,19	5,20	1400 ± 14,0	58,59	51,34	27,92	23,70	0,084	0,081	2,26	1,49	1,87 ± 0,38
12:15:30	75,68 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,28 ± 0,046	21,37	21,59	20,83	20,98	21,34	21,44	0,291	21,26 ± 0,582	9,63	9,35	9,49 ± 0,582	8,42	3,22	5,20	1403 ± 14,0	59,00	51,86	28,00	23,87	0,083	0,080	2,24	1,50	1,87 ± 0,37
12:16:00	75,66 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,34 ± 0,047	21,53	21,74	21,03	21,17	21,48	21,61	0,271	21,43 ± 0,543	9,69	9,39	9,54 ± 0,543	8,46	3,27	5,19	1393 ± 13,9	59,43	52,47	28,02	24,05	0,086	0,083	2,33	1,59	1,96 ± 0,37
12:16:30	75,64 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,35 ± 0,047	21,68	21,9	21,23	21,37	21,68	21,78	0,255	21,61 ± 0,510	9,75	9,45	9,60 ± 0,510	8,49	3,31	5,18	1400 ± 14,0	59,91	53,10	28,09	24,24	0,086	0,083	2,35	1,62	1,99 ± 0,36
12:17:00	75,75 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,41 ± 0,048	21,87	22,06	21,47	21,61	21,86	21,99	0,227	21,81 ± 0,453	9,82	9,51	9,67 ± 0,453	8,53	3,35	5,18	1397 ± 14,0	60,47	53,94	28,10	24,49	0,088	0,085	2,44	1,72	2,08 ± 0,36
12:17:30	75,59 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,35 ± 0,047	22,06	22,25	21,72	21,85	22,01	22,19	0,201	22,01 ± 0,402	9,88	9,58	9,73 ± 0,402	8,56	3,4	5,16	1398 ± 14,0	60,91	54,65	28,13	24,73	0,086	0,083	2,39	1,72	2,06 ± 0,33
12:18:00	75,55 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,3 ± 0,046	22,24	22,38	21,92	22,03	22,21	22,37	0,184	22,19 ± 0,369	9,94	9,64	9,79 ± 0,369	8,61	3,45	5,16	1400 ± 14,0	61,38	55,29	28,19	24,92	0,084	0,081	2,35	1,72	2,04 ± 0,32
12:18:30	75,51 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,37 ± 0,047	22,48	22,59	22,18	22,27	22,39	22,56	0,163	22,41 ± 0,326	10,01	9,73	9,87 ± 0,326	8,65	3,51	5,14	1399 ± 14,0	61,97	56,09	28,28	25,18	0,087	0,084	2,45	1,82	2,14 ± 0,31
12:19:00	75,47 ± 3,8	79,08 ± 4,0	2,38 ± 0,048	22,65	22,77	22,41	22,49	22,58	22,79	0,151	22,62 ± 0,303	10,08	9,8	9,94 ± 0,303	8,7	3,57	5,13	1397 ± 14,0	62,58	56,79	28,38	25,37	0,087	0,084	2,49	1,87	2,18 ± 0,31
12:19:30	75,61 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,33 ± 0,047	22,92	22,98	22,68	22,77	22,81	23,04	0,136	22,87 ± 0,273	10,17	9,89	10,03 ± 0,273	8,76	3,63	5,13	1399 ± 14,0	63,43	57,75	28,52	25,62	0,086	0,082	2,48	1,88	2,18 ± 0,30
12:20:00	75,36 ± 3,8	79,09 ± 4,0	2,24 ± 0,045	23,19	23,23	22,99	23,01	23,24	23,24	0,120	23,11 ± 0,240	10,26	9,99	10,13 ± 0,240	8,82	3,71	5,11	1397 ± 14,0	64,04	58,53	28,66	25,89	0,082	0,079	2,41	1,85	2,13 ± 0,28

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CONVENCIONAL			
Data:	15/9/2010		
Pressão Atmosférica	90,88 kPa		
Area do Duto	0,0484 m²		
Velocidade exaustor:	Alta		
Potencia vazio	119 W		
Fator Correção Vazão	0,8089		
Temperatura da camar	20 °C		

RESULTADO	
COP Médio	2,68 ± 0,8
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	2,2%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em camara climatizada -Laboratório Maquinas Hidraulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m'_{min} \cdot (h_{1min} - h_{2max}) / Pot_{Liqmax}$
 $COP_{max} = m'_{max} \cdot (h_{1max} - h_{2min}) / Pot_{Liqmin}$
 $m'_{max} = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{rmax}; P)$
 $m'_{min} = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{rmin}; P)$
 $h_{max} = (T_{Aemax}; U_{Rmax}; P)$
 $h_{min} = (T_{Aemin}; U_{Rmin}; P)$

	Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]	Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]								Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance														
Canal	0		1	2		4		5		6		7		8		9		DesvPad	média	10		11		média		12	13		Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP		
Hora	UR1	± 5%	UR2	± 5%	Vm	± 2%											σ	2σ										[W]	max	mín	max	mín	max	mín	max	mín	media		
09:15:00	75,95 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,71 ± 0,094		20,86	21,16	20,06	20,30	20,72	20,82					0,402	20,65 ± 0,804	11,41	11,22	11,32 ± 0,804	11,18	5,70	5,48	1559 ± 15,6	57,87	49,54	32,87	27,33	0,171	0,165	3,58	1,93	2,75 ± 0,82					
9:15:30	75,96 ± 3,8		79,64 ± 4,0		4,57 ± 0,091		20,87	21,16	20,06	20,30	20,71	20,82					0,403	20,65 ± 0,806	11,40	11,22	11,31 ± 0,806	11,17	5,69	5,48	1564 ± 15,6	57,88	49,54	32,86	27,32	0,165	0,160	3,46	1,87	2,66 ± 0,80					
9:16:00	76,09 ± 3,8		79,64 ± 4,0		4,72 ± 0,094		20,86	21,16	20,06	20,31	20,71	20,83					0,401	20,66 ± 0,802	11,41	11,23	11,32 ± 0,802	11,16	5,69	5,47	1565 ± 15,7	57,93	49,61	32,88	27,35	0,171	0,165	3,58	1,93	2,75 ± 0,82					
9:16:30	75,94 ± 3,8		79,64 ± 4,0		4,46 ± 0,089		20,86	21,16	20,07	20,30	20,71	20,83					0,400	20,66 ± 0,799	11,41	11,23	11,32 ± 0,799	11,16	5,68	5,48	1572 ± 15,7	57,85	49,55	32,87	27,35	0,161	0,156	3,35	1,81	2,58 ± 0,77					
9:17:00	75,95 ± 3,8		79,64 ± 4,0		4,73 ± 0,095		20,86	21,16	20,06	20,30	20,71	20,83					0,403	20,65 ± 0,805	11,41	11,24	11,33 ± 0,805	11,17	5,68	5,49	1567 ± 15,7	57,87	49,53	32,90	27,35	0,171	0,165	3,57	1,92	2,75 ± 0,82					
9:17:30	75,95 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,73 ± 0,095		20,86	21,15	20,06	20,30	20,71	20,82					0,399	20,65 ± 0,799	11,41	11,24	11,33 ± 0,799	11,17	5,67	5,50	1569 ± 15,7	57,84	49,54	32,88	27,36	0,171	0,165	3,56	1,92	2,74 ± 0,82					
9:18:00	75,93 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,61 ± 0,092		20,86	21,16	20,06	20,30	20,70	20,81					0,401	20,65 ± 0,801	11,41	11,23	11,32 ± 0,801	11,18	5,67	5,51	1569 ± 15,7	57,83	49,52	32,87	27,34	0,167	0,161	3,47	1,87	2,67 ± 0,80					
9:18:30	75,94 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,61 ± 0,092		20,87	21,16	20,06	20,30	20,70	20,81					0,402	20,65 ± 0,804	11,42	11,23	11,33 ± 0,804	11,18	5,67	5,51	1570 ± 15,7	57,85	49,53	32,89	27,35	0,167	0,161	3,47	1,87	2,67 ± 0,80					
9:19:00	75,95 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,73 ± 0,095		20,87	21,16	20,06	20,30	20,70	20,82					0,403	20,65 ± 0,805	11,42	11,23	11,33 ± 0,805	11,19	5,67	5,52	1572 ± 15,7	57,86	49,53	32,90	27,35	0,171	0,165	3,56	1,92	2,74 ± 0,82					
9:19:30	75,93 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,40 ± 0,088		20,87	21,16	20,06	20,30	20,70	20,82					0,403	20,65 ± 0,805	11,42	11,24	11,33 ± 0,805	11,19	5,67	5,52	1563 ± 15,6	57,85	49,52	32,91	27,36	0,159	0,154	3,33	1,79	2,56 ± 0,77					
9:20:00	75,93 ± 3,8		79,64 ± 4,0		4,45 ± 0,089		20,87	21,16	20,06	20,30	20,71	20,82					0,403	20,65 ± 0,806	11,42	11,24	11,33 ± 0,806	11,19	5,66	5,53	1562 ± 15,6	57,86	49,53	32,91	27,36	0,161	0,156	3,37	1,81	2,59 ± 0,78					
9:25:00	75,91 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,54 ± 0,091		20,87	21,17	20,07	20,30	20,71	20,83					0,403	20,66 ± 0,807	11,42	11,25	11,34 ± 0,807	11,18	5,66	5,52	1565 ± 15,7	57,87	49,53	32,92	27,37	0,164	0,159	3,43	1,84	2,64 ± 0,79					
9:25:30	75,93 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,78 ± 0,096		20,87	21,16	20,08	20,30	20,71	20,82					0,397	20,66 ± 0,794	11,42	11,24	11,33 ± 0,794	11,17	5,67	5,50	1568 ± 15,7	57,83	49,57	32,88	27,38	0,173	0,167	3,60	1,95	2,77 ± 0,83					
9:26:00	75,93 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,54 ± 0,091		20,87	21,17	20,07	20,30	20,71	20,82					0,402	20,66 ± 0,805	11,42	11,24	11,33 ± 0,805	11,16	5,66	5,50	1570 ± 15,7	57,87	49,54	32,91	27,36	0,164	0,159	3,42	1,84	2,63 ± 0,79					
9:26:30	76,08 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,65 ± 0,093		20,88	21,17	20,07	20,31	20,70	20,83					0,402	20,66 ± 0,805	11,42	11,24	11,33 ± 0,805	11,15	5,66	5,49	1563 ± 15,6	57,95	49,61	32,91	27,36	0,168	0,163	3,53	1,90	2,72 ± 0,81					
9:27:00	75,92 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,38 ± 0,088		20,88	21,17	20,07	20,30	20,70	20,82					0,403	20,66 ± 0,807	11,42	11,25	11,34 ± 0,807	11,16	5,66	5,50	1561 ± 15,6	57,87	49,53	32,92	27,36	0,159	0,153	3,32	1,78	2,55 ± 0,77					
9:27:30	76,07 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,69 ± 0,094		20,88	21,16	20,06	20,29	20,69	20,81					0,404	20,65 ± 0,809	11,42	11,25	11,34 ± 0,809	11,17	5,66	5,51	1564 ± 15,6	57,92	49,56	32,93	27,36	0,170	0,164	3,55	1,91	2,73 ± 0,82					
9:28:00	75,94 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,60 ± 0,092		20,88	21,16	20,07	20,30	20,70	20,82					0,401	20,66 ± 0,802	11,42	11,25	11,34 ± 0,802	11,18	5,67	5,51	1564 ± 15,6	57,86	49,55	32,91	27,38	0,167	0,161	3,48	1,87	2,67 ± 0,80					
9:28:30	76,08 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,45 ± 0,089		20,88	21,17	20,07	20,31	20,70	20,82					0,402	20,66 ± 0,803	11,42	11,25	11,34 ± 0,803	11,17	5,67	5,50	1567 ± 15,7	57,94	49,61	32,91	27,37	0,161	0,156	3,37	1,81	2,59 ± 0,78					
9:29:00	75,94 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,75 ± 0,095		20,88	21,17	20,06	20,31	20,70	20,82					0,405	20,66 ± 0,809	11,42	11,25	11,34 ± 0,809	11,17	5,67	5,50	1564 ± 15,6	57,89	49,53	32,93	27,36	0,172	0,166	3,59	1,93	2,76 ± 0,83					
9:29:30	75,93 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,51 ± 0,090		20,88	21,17	20,06	20,31	20,69	20,82					0,404	20,66 ± 0,809	11,43	11,25	11,34 ± 0,809	11,17	5,66	5,51	1564 ± 15,6	57,88	49,52	32,94	27,37	0,163	0,158	3,41	1,83	2,62 ± 0,79					
9:30:00	75,93 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,64 ± 0,093		20,88	21,17	20,07	20,31	20,70	20,82					0,402	20,66 ± 0,803	11,43	11,26	11,35 ± 0,803	11,16	5,66	5,50	1567 ± 15,7	57,87	49,55	32,94	27,40	0,168	0,162	3,50	1,88	2,69 ± 0,81					
9:35:00	75,92 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,54 ± 0,091		20,89	21,18	20,08	20,32	20,70	20,82					0,401	20,67 ± 0,801	11,44	11,26	11,35 ± 0,801	11,18	5,67	5,51	1563 ± 15,6	57,88	49,57	32,95	27,41	0,164	0,159	3,43	1,85	2,64 ± 0,79					
9:35:30	75,93 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,38 ± 0,088		20,89	21,18	20,08	20,33	20,72	20,84					0,401	20,67 ± 0,802	11,43	11,27	11,35 ± 0,802	11,18	5,68	5,50	1561 ± 15,6	57,91	49,59	32,95	27,41	0,159	0,153	3,32	1,79	2,55 ± 0,77					
9:36:00	75,93 ± 3,8		79,61 ± 4,0		4,51 ± 0,090		20,89	21,18	20,09	20,33	20,73	20,85					0,399	20,68 ± 0,798	11,44	11,26	11,35 ± 0,798	11,18	5,68	5,50	1561 ± 15,6	57,92	49,62	32,93	27,41	0,163	0,158	3,42	1,85	2,63 ± 0,79					
9:36:30	75,93 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,83 ± 0,097		20,89	21,18	20,09	20,33	20,74	20,85					0,399	20,68 ± 0,799	11,44	11,27	11,36 ± 0,799	11,19	5,69	5,50	1557 ± 15,6	57,93	49,62	32,95	27,43	0,175	0,169	3,67	1,98	2,83 ± 0,84					
9:37:00	75,92 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,59 ± 0,092		20,90	21,18	20,09	20,33	20,73	20,84					0,399	20,68 ± 0,799	11,44	11,27	11,36 ± 0,799	11,19	5,69	5,50	1559 ± 15,6	57,91	49,61	32,95	27,43	0,166	0,161	3,48	1,88	2,68 ± 0,80					
9:37:30	75,94 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,55 ± 0,091		20,90	21,19	20,09	20,34	20,74	20,85					0,401	20,69 ± 0,802	11,45	11,27	11,36 ± 0,802	11,18	5,7	5,48	1560 ± 15,6	57,96	49,63	32,97	27,43	0,165	0,159	3,45	1,86	2,66 ± 0,80					
9:38:00	75,92 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,54 ± 0,091		20,90	21,19	20,10	20,34	20,74	20,85					0,398	20,69 ± 0,796	11,45	11,27	11,36 ± 0,796	11,17	5,7	5,47	1563 ± 15,6	57,94	49,65	32,96	27,44	0,164	0,159	3,43	1,86	2,65 ± 0,79					
9:38:30	75,91 ± 3,8		79,62 ± 4,0		4,86 ± 0,097		20,90	21,19	20,09	20,33	20,74	20,85					0,403	20,68 ± 0,806	11,45	11,27	11,36 ± 0,806	11,17	5,7	5,47	1557 ± 15,6	57,95	49,60	32,98	27,42	0,176	0,170	3,70	1,99	2,84 ± 0,85					
9:39:00	75,91 ± 3,8		79,63 ± 4,0		4,74 ± 0,095		20,90	21,19	20,10	20,34	20,75	20,86					0,399	20,69 ± 0,799	11,45	11,27,																			

9:55:00	75,90 ± 3,8	79,61 ± 4,0	4,50 ± 0,090	20,92	21,22	20,12	20,35	20,76	20,87	0,402	20,71 ± 0,805	11,45	11,26	11,36 ± 0,805	11,12	5,67	5,45	1562 ± 15,6	58,02	49,67	32,96	27,41	0,163	0,157	3,42	1,84	2,63 ± 0,79
9:55:30	75,88 ± 3,8	79,61 ± 4,0	4,61 ± 0,092	20,92	21,21	20,12	20,35	20,76	20,87	0,400	20,71 ± 0,800	11,44	11,26	11,35 ± 0,800	11,12	5,67	5,45	1556 ± 15,6	57,99	49,67	32,94	27,41	0,167	0,161	3,51	1,90	2,71 ± 0,81
9:56:00	75,89 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,56 ± 0,091	20,92	21,21	20,13	20,36	20,76	20,88	0,396	20,71 ± 0,792	11,44	11,26	11,35 ± 0,792	11,12	5,66	5,46	1560 ± 15,6	57,98	49,71	32,92	27,42	0,165	0,160	3,46	1,88	2,67 ± 0,79
9:56:30	76,00 ± 3,8	79,55 ± 4,0	4,27 ± 0,085	20,92	21,22	20,13	20,36	20,78	20,88	0,399	20,72 ± 0,798	11,44	11,27	11,36 ± 0,798	11,12	5,67	5,45	1554 ± 15,5	58,07	49,75	32,93	27,41	0,155	0,149	3,27	1,77	2,52 ± 0,75
9:57:00	75,89 ± 3,8	79,59 ± 4,0	4,56 ± 0,091	20,92	21,21	20,12	20,36	20,77	20,87	0,398	20,71 ± 0,797	11,45	11,27	11,36 ± 0,797	11,13	5,67	5,46	1550 ± 15,5	57,99	49,69	32,95	27,43	0,165	0,160	3,49	1,89	2,69 ± 0,80
9:57:30	76,02 ± 3,8	79,58 ± 4,0	4,77 ± 0,095	20,93	21,22	20,12	20,36	20,77	20,87	0,402	20,71 ± 0,804	11,45	11,28	11,37 ± 0,804	11,14	5,67	5,47	1551 ± 15,5	58,09	49,74	32,98	27,43	0,173	0,167	3,66	1,97	2,82 ± 0,84
9:58:00	75,79 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,76 ± 0,095	20,92	21,22	20,13	20,36	20,78	20,88	0,399	20,72 ± 0,798	11,45	11,28	11,37 ± 0,798	11,15	5,67	5,48	1550 ± 15,5	57,97	49,67	32,97	27,44	0,172	0,167	3,64	1,97	2,80 ± 0,84
9:58:30	75,90 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,37 ± 0,087	20,92	21,21	20,13	20,37	20,78	20,89	0,396	20,72 ± 0,792	11,46	11,28	11,37 ± 0,792	11,16	5,67	5,49	1553 ± 15,5	58,01	49,74	32,96	27,47	0,158	0,153	3,33	1,81	2,57 ± 0,76
9:59:00	75,91 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,61 ± 0,092	20,92	21,21	20,13	20,38	20,78	20,88	0,393	20,72 ± 0,786	11,45	11,28	11,37 ± 0,786	11,16	5,67	5,49	1556 ± 15,6	58,00	49,76	32,94	27,47	0,167	0,161	3,51	1,91	2,71 ± 0,80
9:59:30	75,91 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,72 ± 0,094	20,93	21,22	20,14	20,37	20,78	20,88	0,396	20,72 ± 0,791	11,46	11,29	11,38 ± 0,791	11,16	5,68	5,48	1558 ± 15,6	58,02	49,75	32,97	27,48	0,171	0,165	3,59	1,95	2,77 ± 0,82
10:00:00	75,89 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,61 ± 0,092	20,93	21,22	20,14	20,37	20,77	20,88	0,395	20,72 ± 0,790	11,46	11,29	11,38 ± 0,790	11,15	5,68	5,47	1556 ± 15,6	58,01	49,74	32,97	27,48	0,167	0,161	3,51	1,90	2,71 ± 0,80
10:05:00	75,90 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,52 ± 0,090	20,92	21,22	20,14	20,38	20,79	20,90	0,395	20,73 ± 0,790	11,46	11,29	11,38 ± 0,790	11,12	5,68	5,44	1556 ± 15,6	58,03	49,77	32,97	27,48	0,164	0,158	3,44	1,87	2,66 ± 0,79
10:05:30	75,90 ± 3,8	79,60 ± 4,0	4,47 ± 0,089	20,93	21,23	20,14	20,38	20,78	20,90	0,398	20,73 ± 0,796	11,46	11,29	11,38 ± 0,796	11,12	5,67	5,45	1553 ± 15,5	58,06	49,75	32,99	27,47	0,162	0,156	3,42	1,85	2,63 ± 0,78
10:06:00	75,90 ± 3,8	79,59 ± 4,0	4,56 ± 0,091	20,92	21,22	20,13	20,38	20,78	20,90	0,397	20,72 ± 0,795	11,46	11,28	11,37 ± 0,795	11,11	5,66	5,45	1554 ± 15,5	58,04	49,74	32,97	27,46	0,165	0,160	3,48	1,89	2,68 ± 0,80
10:06:30	75,90 ± 3,8	79,59 ± 4,0	4,75 ± 0,095	20,92	21,22	20,13	20,38	20,79	20,90	0,398	20,72 ± 0,795	11,45	11,28	11,37 ± 0,795	11,10	5,66	5,44	1547 ± 15,5	58,04	49,75	32,96	27,45	0,172	0,166	3,65	1,98	2,81 ± 0,84
10:07:00	75,90 ± 3,8	79,59 ± 4,0	4,48 ± 0,090	20,93	21,23	20,13	20,38	20,79	20,90	0,401	20,73 ± 0,802	11,46	11,28	11,37 ± 0,802	11,10	5,66	5,44	1547 ± 15,5	58,08	49,74	32,99	27,44	0,162	0,157	3,44	1,86	2,65 ± 0,79
10:07:30	75,89 ± 3,8	79,58 ± 4,0	4,38 ± 0,088	20,93	21,23	20,14	20,38	20,78	20,90	0,398	20,73 ± 0,796	11,46	11,28	11,37 ± 0,796	11,10	5,66	5,44	1459 ± 14,6	58,05	49,75	32,97	27,45	0,159	0,153	3,58	1,94	2,76 ± 0,82
10:08:00	75,89 ± 3,8	79,59 ± 4,0	4,54 ± 0,091	20,93	21,23	20,14	20,37	20,78	20,89	0,399	20,72 ± 0,798	11,46	11,28	11,37 ± 0,798	11,10	5,65	5,45	1555 ± 15,6	58,05	49,74	32,98	27,45	0,164	0,159	3,47	1,87	2,67 ± 0,80
10:08:30	75,90 ± 3,8	79,58 ± 4,0	4,50 ± 0,090	20,94	21,23	20,14	20,37	20,78	20,89	0,400	20,73 ± 0,800	11,45	11,28	11,37 ± 0,800	11,10	5,65	5,45	1557 ± 15,6	58,06	49,74	32,97	27,44	0,163	0,157	3,43	1,86	2,65 ± 0,79
10:09:00	75,90 ± 3,8	79,58 ± 4,0	4,64 ± 0,093	20,94	21,23	20,14	20,38	20,77	20,90	0,399	20,73 ± 0,798	11,45	11,27	11,36 ± 0,798	11,10	5,64	5,46	1557 ± 15,6	58,06	49,75	32,95	27,43	0,168	0,162	3,54	1,92	2,73 ± 0,81
10:09:30	75,89 ± 3,8	79,58 ± 4,0	4,54 ± 0,091	20,94	21,24	20,15	20,38	20,79	20,90	0,399	20,73 ± 0,798	11,46	11,27	11,37 ± 0,798	11,10	5,63	5,47	1556 ± 15,6	58,08	49,76	32,96	27,44	0,164	0,159	3,47	1,88	2,67 ± 0,79
10:10:00	76,03 ± 3,8	79,58 ± 4,0	4,26 ± 0,085	20,94	21,24	20,14	20,39	20,80	20,90	0,400	20,74 ± 0,801	11,45	11,28	11,37 ± 0,801	11,10	5,63	5,47	1552 ± 15,5	58,16	49,82	32,97	27,43	0,154	0,149	3,27	1,77	2,52 ± 0,75

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CONVENCIONAL			
Data:	15/9/2010		
Pressão Atmosférica	90,88	kPa	
Area do Duto	0,0484	m ²	
Velocidade exaustor:	Média		
Potencia vazio	108	W	
Fator Correção Vazão	0,8229		
Temperatura da camara	30	°C	

RESULTADO	
COP Médio	2,81 ± 0,511
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	102%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em camara climatizada -Laboratório Maquinas Hidraulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m \cdot \min(h_{1min} - h_{2max}) / Pot_{Liqmax}$
 $COP_{max} = m \cdot \max(h_{1max} - h_{2min}) / Pot_{Liqmin}$
 $m \cdot \max = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{rmax}; P)$
 $m \cdot \min = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{rmin}; P)$
 $h_{max} = (TA_{emax}; U_{Rmax}; P)$
 $h_{min} = (TA_{emin}; U_{Rmin}; P)$

Canal Hora	Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total Visual [W]	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance														
	0		1		2		4		5		6		7		8		9		DesvPad σ	média 2σ	10		11		média 2σ	12		13		Variaç.	h1		h2		m'		COP		
	UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	Vm ± 2%	TaE1	TaE2	TaE3	TaE4	TaE5	TaE6	TaE7	TaE8	TaE9	TaE10	TaE11	TaE12	TaE13	TaE14	TaE15			max	min	max	min		max	min	max	min		max	min	max	min	max	min	max	min	media
15:40:00	72,17 ± 3,6	78,2 ± 3,9	2,34 ± 0,047	28,58	28,81	28,23	28,23	27,83	28,1	0,349	28,30 ± 0,698	13,3	13,03	13,17 ± 0,698	11,07	5,89	5,18	1494 ± 14,9	84,07	73,25	36,76	31,31	0,087	0,084	3,27	2,23	2,75 ± 0,52												
15:40:30	72,17 ± 3,6	78,2 ± 3,9	2,4 ± 0,048	28,58	28,81	28,23	28,24	27,89	28,13	0,330	28,31 ± 0,659	13,32	13,04	13,18 ± 0,659	11,07	5,9	5,17	1491 ± 14,9	83,97	73,46	36,70	31,44	0,089	0,086	3,35	2,31	2,83 ± 0,52												
15:41:00	72,15 ± 3,6	78,1 ± 3,9	2,45 ± 0,049	28,6	28,84	28,27	28,28	27,91	28,16	0,330	28,34 ± 0,659	13,33	13,06	13,20 ± 0,659	11,08	5,91	5,17	1487 ± 14,9	84,08	73,56	36,73	31,46	0,091	0,088	3,44	2,37	2,90 ± 0,53												
15:41:30	72,16 ± 3,6	78,1 ± 3,9	2,35 ± 0,047	28,63	28,87	28,32	28,34	27,96	28,2	0,321	28,39 ± 0,643	13,35	13,07	13,21 ± 0,643	11,08	5,91	5,17	1488 ± 14,9	84,21	73,80	36,71	31,53	0,087	0,084	3,30	2,29	2,79 ± 0,50												
15:42:00	72,16 ± 3,6	78,1 ± 3,9	2,4 ± 0,048	28,65	28,88	28,34	28,35	27,97	28,22	0,321	28,40 ± 0,643	13,36	13,08	13,22 ± 0,643	11,09	5,93	5,16	1488 ± 14,9	84,27	73,85	36,73	31,55	0,089	0,086	3,37	2,34	2,85 ± 0,52												
15:42:30	72,16 ± 3,6	78,1 ± 3,9	2,35 ± 0,047	28,71	28,93	28,4	28,41	28,01	28,29	0,323	28,46 ± 0,646	13,38	13,1	13,24 ± 0,646	11,11	5,93	5,18	1493 ± 14,9	84,53	74,06	36,79	31,58	0,087	0,084	3,30	2,29	2,80 ± 0,51												
15:43:00	72,13 ± 3,6	78,1 ± 3,9	2,18 ± 0,044	28,76	28,97	28,47	28,51	28,08	28,37	0,309	28,53 ± 0,619	13,4	13,12	13,26 ± 0,619	11,12	5,94	5,18	1496 ± 15,0	84,69	74,40	36,77	31,69	0,081	0,078	3,06	2,14	2,60 ± 0,46												
15:43:30	72,12 ± 3,6	78,1 ± 3,9	2,26 ± 0,045	28,79	29	28,52	28,56	28,12	28,41	0,305	28,57 ± 0,609	13,42	13,13	13,28 ± 0,609	11,13	5,96	5,17	1493 ± 14,9	84,81	74,58	36,77	31,74	0,084	0,081	3,18	2,24	2,71 ± 0,47												
15:44:00	72,13 ± 3,6	78 ± 3,9	2,27 ± 0,045	28,84	29,03	28,58	28,61	28,17	28,45	0,300	28,61 ± 0,600	13,43	13,14	13,29 ± 0,600	11,14	5,97	5,17	1491 ± 14,9	84,98	74,81	36,77	31,78	0,084	0,081	3,21	2,26	2,74 ± 0,47												
15:44:30	72,27 ± 3,6	78 ± 3,9	2,31 ± 0,046	28,85	29,06	28,6	28,64	28,17	28,45	0,309	28,63 ± 0,619	13,44	13,15	13,30 ± 0,619	11,16	5,98	5,18	1491 ± 14,9	85,24	74,89	36,84	31,76	0,086	0,083	3,28	2,30	2,79 ± 0,49												
15:45:00	72,13 ± 3,6	78 ± 3,9	2,18 ± 0,044	28,89	29,09	28,66	28,67	28,19	28,49	0,312	28,67 ± 0,625	13,47	13,18	13,33 ± 0,625	11,17	6	5,17	1493 ± 14,9	85,32	74,91	36,92	31,80	0,081	0,078	3,10	2,17	2,63 ± 0,47												
15:50:00	72,11 ± 3,6	78 ± 3,9	2,42 ± 0,048	28,93	29,16	28,74	28,67	28,25	28,51	0,318	28,71 ± 0,636	13,5	13,23	13,37 ± 0,636	11,18	6,03	5,15	1497 ± 15,0	85,55	75,03	37,05	31,86	0,090	0,087	3,44	2,40	2,92 ± 0,52												
15:50:30	72,09 ± 3,6	78 ± 3,9	2,27 ± 0,045	28,99	29,19	28,79	28,7	28,26	28,51	0,332	28,74 ± 0,665	13,52	13,24	13,38 ± 0,665	11,2	6,05	5,15	1500 ± 15,0	85,79	75,02	37,16	31,83	0,084	0,081	3,24	2,24	2,74 ± 0,50												
15:51:00	72,08 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,42 ± 0,048	28,99	29,22	28,83	28,74	28,3	28,57	0,321	28,78 ± 0,643	13,54	13,25	13,40 ± 0,643	11,22	6,07	5,15	1498 ± 15,0	85,84	75,23	37,13	31,91	0,090	0,087	3,45	2,41	2,93 ± 0,52												
15:51:30	71,94 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,4 ± 0,048	29,01	29,25	28,84	28,76	28,33	28,58	0,322	28,80 ± 0,644	13,55	13,27	13,41 ± 0,644	11,23	6,08	5,15	1496 ± 15,0	85,82	75,21	37,17	31,94	0,089	0,086	3,43	2,39	2,91 ± 0,52												
15:52:00	72,22 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,22 ± 0,044	29,02	29,26	28,86	28,81	28,35	28,62	0,315	28,82 ± 0,630	13,57	13,3	13,44 ± 0,630	11,25	6,1	5,15	1490 ± 14,9	86,10	75,55	37,20	32,03	0,083	0,080	3,20	2,23	2,71 ± 0,48												
15:52:30	72,08 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,31 ± 0,046	29,02	29,28	28,86	28,82	28,35	28,65	0,317	28,83 ± 0,634	13,58	13,31	13,45 ± 0,634	11,25	6,11	5,14	1490 ± 14,9	86,04	75,48	37,23	32,03	0,086	0,083	3,32	2,32	2,82 ± 0,50												
15:53:00	72,2 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,27 ± 0,045	29,03	29,28	28,87	28,85	28,37	28,69	0,308	28,85 ± 0,616	13,6	13,32	13,46 ± 0,616	11,27	6,12	5,15	1495 ± 15,0	86,14	75,70	37,21	32,11	0,084	0,081	3,25	2,28	2,77 ± 0,48												
15:53:30	72,05 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,44 ± 0,049	29,02	29,28	28,83	28,81	28,37	28,66	0,310	28,83 ± 0,619	13,61	13,33	13,47 ± 0,619	11,28	6,14	5,14	1496 ± 15,0	85,95	75,51	37,25	32,12	0,091	0,088	3,48	2,44	2,96 ± 0,52												
15:54:00	72,19 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,43 ± 0,049	29,03	29,28	28,82	28,82	28,38	28,64	0,310	28,83 ± 0,621	13,61	13,34	13,48 ± 0,621	11,28	6,15	5,13	1496 ± 15,0	86,07	75,60	37,26	32,12	0,090	0,087	3,48	2,43	2,95 ± 0,52												
15:54:30	72,04 ± 3,6	77,9 ± 3,9	2,42 ± 0,048	29,02	29,28	28,81	28,82	28,39	28,64	0,306	28,83 ± 0,612	13,61	13,35	13,48 ± 0,612	11,29	6,15	5,14	1500 ± 15,0	85,90	75,52	37,25	32,15	0,090	0,087	3,44	2,41	2,93 ± 0,51												
15:55:00	70,7 ± 3,5	77,8 ± 3,9	2,42 ± 0,048	29,01	29,27	28,79	28,76	28,37	28,6	0,314	28,80 ± 0,627	13,61	13,35	13,48 ± 0,627	11,29	6,16	5,13	1498 ± 15,0	84,77	74,46	37,27	32,11	0,090	0,087	3,37	2,35	2,86 ± 0,51												
16:00:00	72,03 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,36 ± 0,047	29,01	29,26	28,74	28,69	28,3	28,54	0,340	28,76 ± 0,680	13,61	13,34	13,48 ± 0,680	11,28	6,14	5,14	1492 ± 14,9	85,88	74,98	37,39	31,98	0,088	0,085	3,38	2,33	2,85 ± 0,53												
16:00:30	71,89 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,28 ± 0,046	29	29,26	28,74	28,66	28,27	28,51	0,352	28,74 ± 0,703	13,61	13,33	13,47 ± 0,703	11,29	6,13	5,16	1496 ± 15,0	85,80	74,74	37,44	31,91	0,085	0,082	3,26	2,22	2,74 ± 0,52												
16:01:00	72,02 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,44 ± 0,049	28,97	29,23	28,72	28,65	28,25	28,51	0,344	28,72 ± 0,688	13,6	13,34	13,47 ± 0,688	11,29	6,12	5,17	1497 ± 15,0	85,76	74,81	37,40	31,94	0,091	0,088	3,48	2,38	2,93 ± 0,55												
16:01:30	72,02 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,31 ± 0,046	28,95	29,22	28,68	28,62	28,23	28,49	0,348	28,70 ± 0,696	13,6	13,34	13,47 ± 0,696	11,29	6,1	5,19	1496 ± 15,0	85,69	74,69	37,41	31,92	0,086	0,083	3,29	2,25	2,77 ± 0,52												
16:02:00	72,01 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,31 ± 0,046	28,92	29,21	28,68	28,64	28,19	28,49	0,351	28,69 ± 0,702	13,6	13,33	13,47 ± 0,702	11,29	6,09	5,20	1488 ± 14,9	85,66	74,62	37,41	31,89	0,086	0,083	3,31	2,26	2,79 ± 0,53												
16:02:30	71,97 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,42 ± 0,048	28,9	29,18	28,6	28,58	28,17	28,46	0,351	28,65 ± 0,703	13,59	13,33	13,46 ± 0,703	11,28	6,08	5,20	1487 ± 14,9	85,46	74,44	37,40	31,88	0,090	0,087	3,46	2,36	2,91 ± 0,55												
16:03:00	72,03 ± 3,6	77,8 ± 3,9	2,2 ± 0,044	28,89	29,15	28,6	28,57	28,16	28,47	0,343	28,64 ± 0,686	13,59	13,33	13,46 ± 0,686	11,27	6,07	5,20	1489 ± 14,9	85,40	74,51	37,35	31,91	0,082	0,079	3,13	2,15	2,64 ± 0,49												
16:03:30	72,02 ± 3,6	77,7 ± 3,9	2,34 ± 0,047	28,89	29,13	28,6	28,6	28,17	28,48	0,332	28,65 ± 0,665	13,6	13,33	13,47 ± 0,665	11,26	6,06	5,20	1492 ± 14,9	85,32	74,61	37,30	31,97	0,087	0,084	3,32	2,29	2,80 ± 0,52												
16:04:00	72,16 ± 3,6	77,7 ± 3,9	2,49 ± 0,050	28,89	29,16	28,59	28,56	28,15	28,43	0,354	28,63 ± 0,707	13,59	13,32	13,46 ± 0,707	11,26	6,06	5,20	1493 ± 14,9	85,55	74,48	37,39	31,85	0,093	0,089	3,55	2,42	2,99 ± 0,57												
16:04:30	72,03 ± 3,6	77,7 ± 3,9	2,28 ± 0,046	28,87	29,15	28,6	28,53	28,14	28,43	0,352	28,62 ± 0,703	13,59	13,31	13,45 ± 0,703	11,26	6,05	5,21	1491 ± 14,9	85,39	74,37	37,36	31,84	0,085	0,082	3,25	2,21	2,73 ± 0,52												
16:05:00	72,01 ± 3,6	77,7 ± 3,9	2,36 ± 0,047	28,86	29,13	28,59	28,59	28,16	28,45	0,334	28,63 ± 0,669	13,58	13,32	13,45 ± 0,669	11,26	6,05	5,21	1489 ± 14,9	85,26	74,53	37,27	31,92	0,088	0,085	3,35	2,31	2,83 ± 0,52												
16:10:00	72,01 ± 3,6	77,7 ± 3,9	2,19 ± 0,044	28,83	29,13	28,57	28,56	28,12	28,43	0,345	28,61 ± 0,690	13,58	13,33																										

16:20:00	72,03 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,29 ± 0,046	28,96	29,2	28,71	28,64	28,21	28,49	0,348	28,70 ± 0,696	13,63	13,34	13,49 ± 0,696	11,25	6,06	5,19	1495 ± 15,0	85,71	74,71	37,39	31,91	0,085	0,082	3,27	2,24	2,75 ± 0,52
16:20:30	72,15 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,3 ± 0,046	28,96	29,21	28,68	28,62	28,22	28,48	0,350	28,70 ± 0,700	13,63	13,36	13,50 ± 0,700	11,25	6,06	5,19	1500 ± 15,0	85,80	74,75	37,43	31,92	0,086	0,083	3,28	2,24	2,76 ± 0,52
16:21:00	72,16 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,31 ± 0,046	28,96	29,18	28,66	28,63	28,25	28,48	0,333	28,69 ± 0,666	13,63	13,36	13,50 ± 0,666	11,26	6,06	5,20	1497 ± 15,0	85,65	74,88	37,34	32,00	0,086	0,083	3,28	2,26	2,77 ± 0,51
16:21:30	72,02 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,26 ± 0,045	28,97	29,2	28,68	28,64	28,23	28,5	0,343	28,70 ± 0,686	13,63	13,36	13,50 ± 0,686	11,25	6,05	5,20	1495 ± 15,0	85,67	74,75	37,39	31,95	0,084	0,081	3,22	2,21	2,71 ± 0,51
16:22:00	72 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,26 ± 0,045	28,98	29,21	28,72	28,67	28,27	28,52	0,332	28,73 ± 0,665	13,65	13,36	13,51 ± 0,665	11,26	6,05	5,21	1492 ± 14,9	85,67	74,91	37,35	32,02	0,084	0,081	3,22	2,23	2,72 ± 0,50
16:22:30	72,04 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,4 ± 0,048	28,99	29,22	28,74	28,72	28,29	28,54	0,327	28,75 ± 0,654	13,66	13,37	13,52 ± 0,654	11,27	6,05	5,22	1490 ± 14,9	85,75	75,06	37,35	32,06	0,089	0,086	3,43	2,38	2,90 ± 0,53
16:23:00	71,99 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,52 ± 0,050	28,99	29,23	28,74	28,69	28,26	28,53	0,340	28,74 ± 0,681	13,65	13,37	13,51 ± 0,681	11,26	6,05	5,21	1491 ± 14,9	85,78	74,89	37,41	31,99	0,094	0,090	3,61	2,48	3,04 ± 0,56
16:23:30	71,99 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,41 ± 0,048	28,98	29,23	28,74	28,72	28,26	28,53	0,338	28,74 ± 0,677	13,65	13,37	13,51 ± 0,677	11,26	6,04	5,22	1494 ± 14,9	85,78	74,92	37,39	32,00	0,090	0,087	3,44	2,37	2,90 ± 0,54
16:24:00	72,02 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,27 ± 0,045	29,02	29,23	28,75	28,74	28,3	28,58	0,326	28,77 ± 0,653	13,66	13,38	13,52 ± 0,653	11,25	6,04	5,21	1498 ± 15,0	85,81	75,13	37,36	32,08	0,084	0,081	3,23	2,24	2,73 ± 0,50
16:24:30	71,99 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,39 ± 0,048	29,02	29,24	28,76	28,72	28,31	28,58	0,327	28,77 ± 0,653	13,67	13,38	13,53 ± 0,653	11,24	6,04	5,20	1496 ± 15,0	85,80	75,12	37,37	32,09	0,089	0,086	3,40	2,36	2,88 ± 0,52
16:25:00	72,15 ± 3,6	77,6 ± 3,9	2,32 ± 0,046	28,99	29,23	28,74	28,69	28,3	28,56	0,326	28,75 ± 0,651	13,66	13,39	13,53 ± 0,651	11,23	6,03	5,20	1489 ± 14,9	85,83	75,15	37,37	32,09	0,086	0,083	3,32	2,30	2,81 ± 0,51
16:30:00	72,01 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,38 ± 0,048	28,99	29,22	28,72	28,69	28,34	28,57	0,311	28,76 ± 0,622	13,66	13,39	13,53 ± 0,622	11,22	6,03	5,19	1490 ± 14,9	85,60	75,19	37,29	32,15	0,089	0,085	3,39	2,37	2,88 ± 0,51
16:30:30	72,14 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,31 ± 0,046	28,98	29,23	28,72	28,72	28,35	28,57	0,309	28,76 ± 0,618	13,66	13,4	13,53 ± 0,618	11,23	6,03	5,20	1497 ± 15,0	85,72	75,32	37,29	32,17	0,086	0,083	3,28	2,29	2,79 ± 0,49
16:31:00	72,01 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,29 ± 0,046	28,97	29,21	28,69	28,7	28,32	28,56	0,312	28,74 ± 0,624	13,67	13,39	13,53 ± 0,624	11,24	6,03	5,21	1497 ± 15,0	85,56	75,13	37,30	32,15	0,085	0,082	3,24	2,26	2,75 ± 0,49
16:31:30	71,99 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,46 ± 0,049	28,97	29,21	28,72	28,72	28,37	28,59	0,294	28,76 ± 0,587	13,66	13,4	13,53 ± 0,587	11,23	6,03	5,20	1497 ± 15,0	85,47	75,34	37,21	32,24	0,092	0,088	3,47	2,45	2,96 ± 0,51
16:32:00	72 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,17 ± 0,043	28,97	29,23	28,71	28,69	28,33	28,53	0,319	28,74 ± 0,638	13,66	13,39	13,53 ± 0,638	11,25	6,03	5,22	1494 ± 14,9	85,62	75,07	37,32	32,11	0,081	0,078	3,08	2,14	2,61 ± 0,47
16:32:30	71,99 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,28 ± 0,046	28,94	29,22	28,71	28,72	28,29	28,54	0,321	28,74 ± 0,641	13,67	13,39	13,53 ± 0,641	11,24	6,04	5,20	1487 ± 14,9	85,59	75,03	37,33	32,11	0,085	0,082	3,25	2,26	2,76 ± 0,50
16:33:00	71,98 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,19 ± 0,044	28,95	29,23	28,68	28,68	28,29	28,53	0,328	28,73 ± 0,655	13,67	13,39	13,53 ± 0,655	11,25	6,04	5,21	1491 ± 14,9	85,60	74,93	37,37	32,08	0,081	0,079	3,12	2,16	2,64 ± 0,48
16:33:30	71,97 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,2 ± 0,044	28,92	29,21	28,68	28,68	28,29	28,55	0,315	28,72 ± 0,631	13,66	13,39	13,53 ± 0,631	11,25	6,03	5,22	1495 ± 15,0	85,46	75,00	37,30	32,12	0,082	0,079	3,11	2,17	2,64 ± 0,47
16:34:00	71,99 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,4 ± 0,048	28,93	29,2	28,67	28,7	28,3	28,53	0,313	28,72 ± 0,626	13,66	13,38	13,52 ± 0,626	11,24	6,02	5,22	1498 ± 15,0	85,46	75,03	37,26	32,11	0,089	0,086	3,39	2,37	2,88 ± 0,51
16:34:30	71,95 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,36 ± 0,047	28,95	29,22	28,67	28,66	28,28	28,52	0,329	28,72 ± 0,659	13,66	13,39	13,53 ± 0,659	11,24	6,02	5,22	1496 ± 15,0	85,55	74,86	37,36	32,05	0,088	0,085	3,35	2,31	2,83 ± 0,52
16:35:00	71,97 ± 3,6	77,5 ± 3,9	2,44 ± 0,049	28,95	29,19	28,66	28,66	28,28	28,53	0,319	28,71 ± 0,639	13,66	13,39	13,53 ± 0,639	11,24	6,01	5,23	1500 ± 15,0	85,46	74,93	37,31	32,10	0,091	0,088	3,44	2,39	2,92 ± 0,52

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CONVENCIONAL			
Data:	15/9/2010		
Pressão Atmosférica	90,88 kPa		
Area do Duto	0,0484 m ²		
Velocidade exaustor:	High		
Potencia vazio	119 W		
Fator Correção Vazão	0,8089		
Temperatura da camar	30 °C		

RESULTADO	
COP Médio	4 ± 1,112
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	44,8%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em camara climatizada -Laboratório Maquinas Hidraulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

COP _{min} =m*min*(h _{1min} -h _{2max})/Pot _{Liqmax}
COP _{max} =m*max*(h _{1max} -h _{2min})/Pot _{Liqmin}
m*max=A*V _{max} *v _{min} (T _{max} ;U _{rmax} ;P)
m*min=A*V _{min} *v _{max} (T _{max} ;U _{rmin} ;P)
h _{max} =(T _A em _{ax} ;U _r max;P)
h _{min} =(T _A er _{in} ;U _r min;P)

	Umidade relativa [%]			Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance				
Canal	0		1	2		4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variac.	Visual	h1		h2		m'		COP			
Hora	UR1	± 5%	UR2	± 5%	Vm	± 2%	TAE1					σ	2σ	TAE2 [°C]		2σ	TFe1	TFe2		[W]	max	mín	max	mín	max	mín	max	mín	max	mín
13:30:00	72,46 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,45 ± 0,089		29,45	29,4	28,69	28,63	28,12	28,49	0,526	28,80 ± 1,051	16,14	15,86	16,00 ± 1,051	13,92	8,81	5,11	1688 ± 16,9	88,07	74,00	45,14	37,06	0,164	0,159	5,28	2,96	4,12 ± 1,16
13:30:30	72,32 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,2 ± 0,084		29,46	29,4	28,68	28,6	28,09	28,44	0,544	28,78 ± 1,088	16,13	15,86	16,00 ± 1,088	13,92	8,8	5,12	1682 ± 16,8	88,04	73,70	45,24	36,96	0,155	0,150	5,01	2,76	3,89 ± 1,12
13:31:00	72,32 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,58 ± 0,092		29,5	29,44	28,67	28,56	28,1	28,43	0,566	28,78 ± 1,131	16,14	15,86	16,00 ± 1,131	13,92	8,8	5,12	1689 ± 16,9	88,25	73,55	45,37	36,87	0,169	0,164	5,47	2,97	4,22 ± 1,25
13:31:30	72,33 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,21 ± 0,084		29,53	29,42	28,72	28,59	28,1	28,46	0,561	28,80 ± 1,122	16,14	15,86	16,00 ± 1,122	13,94	8,8	5,14	1690 ± 16,9	88,31	73,67	45,34	36,89	0,155	0,150	5,03	2,74	3,89 ± 1,14
13:32:00	72,33 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,4 ± 0,088		29,5	29,39	28,7	28,63	28,1	28,49	0,541	28,80 ± 1,082	16,16	15,86	16,02 ± 1,082	13,95	8,81	5,14	1692 ± 16,9	88,12	73,82	45,29	37,04	0,162	0,157	5,22	2,88	4,05 ± 1,17
13:32:30	72,5 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,39 ± 0,088		29,47	29,35	28,68	28,66	28,16	28,53	0,503	28,81 ± 1,007	16,17	15,89	16,03 ± 1,007	13,95	8,82	5,13	1688 ± 16,9	87,95	74,24	45,10	37,25	0,162	0,157	5,18	2,94	4,06 ± 1,12
13:33:00	72,35 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,27 ± 0,085		29,47	29,38	28,69	28,69	28,16	28,53	0,508	28,82 ± 1,016	16,18	15,89	16,04 ± 1,016	13,97	8,83	5,14	1684 ± 16,8	87,92	74,15	45,14	37,24	0,158	0,153	5,05	2,86	3,96 ± 1,10
13:33:30	72,53 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,16 ± 0,083		29,47	29,39	28,71	28,65	28,12	28,49	0,526	28,81 ± 1,053	16,19	15,91	16,05 ± 1,053	13,98	8,85	5,13	1689 ± 16,9	88,17	74,07	45,29	37,18	0,154	0,149	4,93	2,76	3,84 ± 1,09
13:34:00	72,36 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,46 ± 0,089		29,49	29,4	28,71	28,63	28,13	28,52	0,529	28,81 ± 1,058	16,19	15,91	16,05 ± 1,058	13,99	8,86	5,13	1689 ± 16,9	88,09	73,97	45,31	37,17	0,165	0,159	5,28	2,94	4,11 ± 1,17
13:34:30	72,51 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,52 ± 0,090		29,46	29,36	28,64	28,62	28,15	28,53	0,510	28,79 ± 1,021	16,19	15,92	16,06 ± 1,021	14	8,87	5,13	1689 ± 16,9	87,96	74,14	45,22	37,28	0,167	0,162	5,33	3,01	4,17 ± 1,16
13:35:00	72,51 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,49 ± 0,090		29,47	29,39	28,66	28,62	28,13	28,52	0,525	28,80 ± 1,049	16,21	15,92	16,07 ± 1,049	14	8,88	5,12	1688 ± 16,9	88,11	74,05	45,32	37,23	0,166	0,160	5,32	2,97	4,14 ± 1,17
13:40:00	72,35 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,42 ± 0,088		29,45	29,33	28,57	28,57	28,12	28,45	0,525	28,75 ± 1,050	16,2	15,93	16,07 ± 1,050	14	8,89	5,11	1691 ± 16,9	87,75	73,75	45,33	37,23	0,163	0,158	5,19	2,89	4,04 ± 1,15
13:40:30	72,39 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,42 ± 0,088		29,44	29,34	28,57	28,58	28,14	28,42	0,523	28,75 ± 1,046	16,2	15,91	16,06 ± 1,046	14	8,89	5,11	1694 ± 16,9	87,77	73,79	45,28	37,21	0,163	0,158	5,18	2,89	4,04 ± 1,15
13:41:00	72,38 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,38 ± 0,088		29,43	29,34	28,6	28,56	28,13	28,44	0,520	28,75 ± 1,039	16,2	15,93	16,07 ± 1,039	14,02	8,89	5,13	1692 ± 16,9	87,74	73,82	45,29	37,26	0,162	0,157	5,13	2,87	4,00 ± 1,13
13:41:30	72,55 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,19 ± 0,084		29,42	29,33	28,66	28,64	28,15	28,52	0,492	28,79 ± 0,984	16,22	15,93	16,08 ± 0,984	14,03	8,9	5,13	1691 ± 16,9	87,79	74,28	45,17	37,42	0,155	0,150	4,91	2,80	3,85 ± 1,05
13:42:00	72,4 ± 3,6		77,7 ± 3,9		4,26 ± 0,085		29,44	29,32	28,62	28,62	28,12	28,52	0,506	28,77 ± 1,012	16,22	15,95	16,09 ± 1,012	14,05	8,9	5,15	1694 ± 16,9	87,74	74,02	45,27	37,37	0,157	0,152	4,98	2,81	3,89 ± 1,05
13:42:30	72,42 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,2 ± 0,084		29,42	29,32	28,66	28,65	28,14	28,54	0,490	28,79 ± 0,980	16,24	15,95	16,10 ± 0,980	14,05	8,91	5,14	1696 ± 17,0	87,67	74,22	45,21	37,48	0,155	0,150	4,88	2,79	3,84 ± 1,08
13:43:00	72,61 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,28 ± 0,086		29,46	29,37	28,68	28,64	28,12	28,49	0,521	28,79 ± 1,043	16,25	15,97	16,11 ± 1,043	14,07	8,92	5,15	1692 ± 16,9	88,14	74,12	45,43	37,36	0,158	0,153	5,05	2,82	3,93 ± 1,11
13:43:30	72,43 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,53 ± 0,091		29,45	29,36	28,73	28,66	28,14	28,52	0,505	28,81 ± 1,010	16,26	15,98	16,12 ± 1,010	14,07	8,93	5,14	1694 ± 16,9	87,92	74,19	45,37	37,46	0,167	0,162	5,30	3,00	4,15 ± 1,15
13:44:00	72,41 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,27 ± 0,085		29,44	29,37	28,71	28,66	28,15	28,52	0,503	28,81 ± 1,005	16,26	15,98	16,12 ± 1,005	14,09	8,94	5,15	1697 ± 17,0	87,87	74,19	45,36	37,48	0,158	0,153	4,98	2,82	3,90 ± 1,08
13:44:30	72,42 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,28 ± 0,086		29,44	29,38	28,72	28,66	28,17	28,53	0,498	28,82 ± 0,996	16,27	15,98	16,13 ± 0,996	14,09	8,95	5,14	1697 ± 17,0	87,88	74,26	45,35	37,51	0,158	0,153	4,99	2,83	3,91 ± 1,08
13:45:00	72,44 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,45 ± 0,089		29,44	29,4	28,73	28,7	28,19	28,54	0,493	28,83 ± 0,987	16,28	16	16,14 ± 0,987	14,1	8,96	5,14	1696 ± 17,0	87,93	74,37	45,36	37,57	0,164	0,159	5,19	2,96	4,08 ± 1,12
13:50:00	72,61 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,48 ± 0,090		29,47	29,4	28,73	28,68	28,21	28,6	0,490	28,85 ± 0,981	16,3	16,01	16,16 ± 0,981	14,11	8,98	5,13	1697 ± 17,0	88,11	74,56	45,39	37,63	0,166	0,160	5,24	2,99	4,12 ± 1,12
13:50:30	72,44 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,44 ± 0,089		29,47	29,4	28,75	28,69	28,2	28,59	0,492	28,85 ± 0,985	16,3	16,02	16,16 ± 0,985	14,11	8,99	5,12	1703 ± 17,0	87,99	74,44	45,41	37,63	0,164	0,159	5,16	2,94	4,05 ± 1,11
13:51:00	72,62 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,28 ± 0,086		29,44	29,39	28,73	28,69	28,22	28,57	0,480	28,84 ± 0,961	16,31	16,02	16,17 ± 0,961	14,13	9	5,13	1695 ± 17,0	87,99	74,62	45,36	37,70	0,158	0,153	4,99	2,87	3,93 ± 1,06
13:51:30	72,32 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,3 ± 0,086		29,42	29,37	28,73	28,69	28,18	28,54	0,485	28,82 ± 0,970	16,32	16,01	16,17 ± 0,970	14,13	9,02	5,11	1696 ± 17,0	87,70	74,31	45,39	37,68	0,159	0,154	4,99	2,85	3,92 ± 1,07
13:52:00	72,46 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,55 ± 0,091		29,39	29,35	28,7	28,71	28,19	28,56	0,468	28,82 ± 0,937	16,34	16,03	16,19 ± 0,937	14,15	9,03	5,12	1697 ± 17,0	87,64	74,51	45,36	37,62	0,168	0,163	5,25	3,04	4,15 ± 1,11
13:52:30	72,48 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,28 ± 0,086		29,41	29,37	28,72	28,7	28,13	28,55	0,495	28,81 ± 0,989	16,34	16,02	16,18 ± 0,989	14,15	9,03	5,12	1701 ± 17,0	87,88	74,31	45,48	37,66	0,158	0,153	4,97	2,82	3,89 ± 1,07
13:53:00	72,49 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,56 ± 0,091		29,39	29,36	28,73	28,68	28,16	28,53	0,482	28,81 ± 0,965	16,33	16,03	16,18 ± 0,965	14,15	9,03	5,12	1695 ± 17,0	87,76	74,39	45,42	37,73	0,168	0,163	5,29	3,03	4,16 ± 1,13
13:53:30	72,46 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,13 ± 0,083		29,4	29,34	28,73	28,71	28,17	28,55	0,474	28,82 ± 0,948	16,34	16,03	16,19 ± 0,948	14,16	9,04	5,12	1697 ± 17,0	87,69	74,47	45,39	37,79	0,153	0,148	4,78	2,75	3,76 ± 1,01
13:54:00	72,48 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,4 ± 0,088		29,42	29,34	28,7	28,73	28,2	28,56	0,470	28,83 ± 0,940	16,34	16,05	16,20 ± 0,940	14,16	9,04	5,12	1698 ± 17,0	87,71	74,55	45,38	37,82	0,163	0,157	5,08	2,94	4,01 ± 1,07
13:54:30	72,45 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,39 ± 0,088		29,44	29,37	28,73	28,74	28,22	28,61	0,469	28,85 ± 0,938	16,35	16,05	16,20 ± 0,938	14,16	9,05	5,11	1695 ± 17,0	87,80	74,64	45,40	37,85	0,162	0,157	5,09	2,94	4,01 ± 1,07
13:55:00	72,42 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,43 ± 0,089		29,45	29,4	28,74	28,73	28,21	28,59	0,483	28,85 ± 0,966	16,35	16,06	16,21 ± 0,966	14,16	9,06	5,10	1702 ± 17,0	87,91	74,52	45,49	37,79	0,164	0,158	5,13	2,94	4,03 ± 1,10
14:00:00	72,52 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,47 ± 0,089		29,44	29,39	28,76	28,69	28,2	28,54	0,488	28,84 ± 0,976	16,36	16,07	16,22 ± 0,976	14,16	9,07	5,09	1698 ± 17,0	87,96	74,48	45,55	37,79	0,165	0,160	5,19	2,96	4,08 ± 1,12
14:00:30	72,48 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,49 ± 0,090		29,44	29,39	28,76	28,64	28,16	28,5	0,507	28,82 ± 1,013	16,36	16,06	16,21 ± 1,013	14,17	9,07	5,10	1698 ± 17,0	88,00	74,23	45,65	37,69	0,166	0,161	5,23	2,94	4,08 ± 1,15
14:01:00	72,51 ± 3,6		77,8 ± 3,9		4,29 ± 0,086		29,45	29,4	28,77	28,66	28,16	28,51	0,509	28,83 ± 1,017	16,37	16,07	16,22 ± 1,017	14,18	9,07	5,11	1702 ± 17,0	88,08	74,27	45						

14:10:00	72,71 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,25 ± 0,085	29,48	29,42	28,64	28,59	28,19	28,52	0,523	28,81 ± 1,046	16,43	16,14	16,29 ± 1,046	14,26	9,18	5,08	1706 ± 17,1	88,30	74,22	45,96	37,80	0,157	0,152	4,94	2,74	3,84 ± 1,10
14:10:30	72,59 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,22 ± 0,084	29,46	29,43	28,67	28,56	28,19	28,5	0,523	28,80 ± 1,047	16,44	16,14	16,29 ± 1,047	14,25	9,18	5,07	1701 ± 17,0	88,18	74,12	45,98	37,81	0,156	0,151	4,91	2,72	3,81 ± 1,10
14:11:00	72,59 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,18 ± 0,084	29,47	29,41	28,66	28,57	28,17	28,49	0,527	28,80 ± 1,053	16,44	16,14	16,29 ± 1,053	14,25	9,18	5,07	1703 ± 17,0	88,18	74,07	45,98	37,78	0,154	0,150	4,86	2,68	3,77 ± 1,09
14:11:30	72,61 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,66 ± 0,093	29,44	29,38	28,58	28,6	28,2	28,49	0,508	28,78 ± 1,015	16,44	16,14	16,29 ± 1,015	14,25	9,19	5,06	1702 ± 17,0	87,96	74,18	45,88	37,88	0,172	0,167	5,39	3,01	4,20 ± 1,19
14:12:00	72,6 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,49 ± 0,090	29,41	29,33	28,62	28,68	28,25	28,6	0,456	28,82 ± 0,913	16,44	16,15	16,30 ± 0,913	14,26	9,2	5,06	1700 ± 17,0	87,64	74,69	45,60	38,15	0,166	0,161	5,14	2,99	4,06 ± 1,08
14:12:30	72,62 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,26 ± 0,085	29,42	29,36	28,63	28,67	28,23	28,57	0,473	28,81 ± 0,947	16,45	16,16	16,31 ± 0,947	14,27	9,2	5,07	1696 ± 17,0	87,81	74,57	45,72	38,09	0,158	0,152	4,91	2,82	3,87 ± 1,05
14:13:00	72,62 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,72 ± 0,094	29,45	29,33	28,62	28,66	28,18	28,53	0,492	28,80 ± 0,985	16,45	16,14	16,30 ± 0,985	14,28	9,21	5,07	1704 ± 17,0	87,89	74,35	45,81	37,97	0,174	0,169	5,44	3,07	4,25 ± 1,18
14:13:30	72,61 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,29 ± 0,086	29,45	29,31	28,65	28,68	28,21	28,57	0,473	28,81 ± 0,946	16,46	16,16	16,31 ± 0,946	14,28	9,22	5,06	1703 ± 17,0	87,79	74,56	45,75	38,11	0,159	0,153	4,92	2,82	3,87 ± 1,05
14:14:00	72,63 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,36 ± 0,087	29,48	29,36	28,7	28,65	28,17	28,51	0,508	28,81 ± 1,015	16,47	16,17	16,32 ± 1,015	14,29	9,22	5,07	1701 ± 17,0	88,11	74,31	45,97	37,96	0,161	0,156	5,05	2,82	3,94 ± 1,12
14:14:30	72,65 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,46 ± 0,089	29,47	29,38	28,7	28,66	28,16	28,53	0,509	28,82 ± 1,018	16,48	16,17	16,33 ± 1,018	14,3	9,23	5,07	1705 ± 17,1	88,17	74,33	45,99	37,96	0,165	0,160	5,16	2,88	4,02 ± 1,14
14:15:00	72,65 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,48 ± 0,090	29,46	29,38	28,67	28,59	28,15	28,5	0,519	28,79 ± 1,037	16,48	16,17	16,33 ± 1,037	14,3	9,23	5,07	1700 ± 17,0	88,14	74,16	46,06	37,92	0,166	0,160	5,20	2,88	4,04 ± 1,16
14:20:00	72,8 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,48 ± 0,090	29,47	29,37	28,66	28,64	28,15	28,53	0,513	28,80 ± 1,025	16,49	16,18	16,34 ± 1,025	14,3	9,23	5,07	1704 ± 17,0	88,26	74,35	46,04	37,97	0,166	0,160	5,20	2,89	4,05 ± 1,15
14:20:30	72,67 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,55 ± 0,091	29,47	29,35	28,69	28,67	28,2	28,53	0,492	28,82 ± 0,984	16,49	16,18	16,34 ± 0,984	14,31	9,24	5,07	1699 ± 17,0	88,04	74,48	45,93	38,08	0,168	0,163	5,26	2,97	4,12 ± 1,14
14:21:00	72,8 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,46 ± 0,089	29,47	29,35	28,71	28,7	28,22	28,54	0,483	28,83 ± 0,966	16,5	16,18	16,34 ± 0,966	14,3	9,24	5,06	1708 ± 17,1	88,13	74,68	45,90	38,14	0,165	0,160	5,13	2,92	4,03 ± 1,11
14:21:30	72,69 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,4 ± 0,088	29,47	29,33	28,63	28,69	28,19	28,52	0,494	28,81 ± 0,988	16,51	16,18	16,35 ± 0,988	14,32	9,25	5,07	1703 ± 17,0	88,01	74,42	45,97	38,09	0,163	0,157	5,07	2,86	3,97 ± 1,11
14:22:00	72,67 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,5 ± 0,090	29,47	29,34	28,65	28,66	28,18	28,51	0,500	28,80 ± 1,000	16,52	16,19	16,36 ± 1,000	14,32	9,26	5,06	1706 ± 17,1	88,04	74,35	46,03	38,09	0,166	0,161	5,18	2,90	4,04 ± 1,14
14:22:30	72,69 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,2 ± 0,084	29,49	29,33	28,63	28,7	28,24	28,53	0,486	28,82 ± 0,972	16,53	16,19	16,36 ± 0,972	14,32	9,26	5,06	1706 ± 17,1	88,00	74,54	45,97	38,18	0,155	0,150	4,82	2,74	3,78 ± 1,04
14:23:00	72,68 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,43 ± 0,089	29,5	29,37	28,66	28,74	28,24	28,56	0,489	28,85 ± 0,979	16,53	16,2	16,37 ± 0,979	14,32	9,26	5,06	1707 ± 17,1	88,14	74,61	46,00	38,17	0,164	0,159	5,10	2,89	3,99 ± 1,11
14:23:30	72,69 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,47 ± 0,089	29,48	29,36	28,7	28,73	28,2	28,54	0,492	28,84 ± 0,984	16,53	16,2	16,37 ± 0,984	14,32	9,26	5,06	1707 ± 17,1	88,13	74,55	46,02	38,15	0,165	0,160	5,15	2,91	4,03 ± 1,12
14:24:00	72,69 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,49 ± 0,090	29,49	29,34	28,7	28,65	28,21	28,5	0,497	28,82 ± 0,995	16,53	16,19	16,36 ± 0,995	14,31	9,26	5,05	1708 ± 17,1	88,09	74,44	46,04	38,12	0,166	0,161	5,17	2,90	4,03 ± 1,13
14:24:30	72,7 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,34 ± 0,087	29,45	29,36	28,72	28,66	28,17	28,49	0,501	28,81 ± 1,002	16,53	16,19	16,36 ± 1,002	14,31	9,25	5,06	1706 ± 17,1	88,10	74,39	46,06	38,10	0,160	0,155	5,00	2,80	3,90 ± 1,10
14:25:00	72,71 ± 3,6	77,8 ± 3,9	4,38 ± 0,088	29,48	29,39	28,73	28,71	28,18	28,52	0,506	28,84 ± 1,012	16,54	16,21	16,38 ± 1,012	14,32	9,25	5,07	1708 ± 17,1	88,27	74,46	46,12	38,11	0,162	0,157	5,06	2,83	3,94 ± 1,12

19:20:00	69,96 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,31 ± 0,046	38,63	38,71	39,58	38,66	37,17	37,66	0,857	38,40 ± 1,713	19,6	19,18	19,39 ± 1,713	14,61	9,86	4,75	1706 ± 17,1	142,61	112,43	56,66	43,46	0,088	0,085	5,39	3,02	4,20 ± 1,19
19:20:30	69,94 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,22 ± 0,044	38,6	38,77	39,61	38,73	37,21	37,68	0,858	38,43 ± 1,715	19,61	19,21	19,41 ± 1,715	14,6	9,86	4,74	1701 ± 17,0	142,81	112,56	56,75	43,52	0,084	0,082	5,20	2,91	4,06 ± 1,15
19:21:00	69,94 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,23 ± 0,045	38,63	38,73	39,6	38,74	37,17	37,67	0,867	38,42 ± 1,734	19,6	19,19	19,40 ± 1,734	14,6	9,86	4,74	1703 ± 17,0	142,87	112,41	56,75	43,43	0,085	0,083	5,23	2,91	4,07 ± 1,16
19:21:30	69,94 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,31 ± 0,046	38,59	38,73	39,53	38,69	37,14	37,66	0,853	38,39 ± 1,707	19,59	19,19	19,39 ± 1,707	14,6	9,85	4,75	1702 ± 17,0	142,45	112,38	56,64	43,49	0,088	0,085	5,39	3,02	4,21 ± 1,18
19:22:00	69,97 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,3 ± 0,046	38,59	38,73	39,5	38,61	37,13	37,64	0,847	38,37 ± 1,693	19,6	19,2	19,40 ± 1,693	14,6	9,85	4,75	1700 ± 17,0	142,24	112,36	56,64	43,55	0,087	0,085	5,36	3,01	4,19 ± 1,17
19:22:30	69,95 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,14 ± 0,043	38,61	38,72	39,41	38,57	37,12	37,64	0,824	38,35 ± 1,648	19,59	19,2	19,40 ± 1,648	14,61	9,85	4,76	1696 ± 17,0	141,75	112,46	56,48	43,66	0,081	0,079	4,97	2,82	3,90 ± 1,07
19:23:00	69,95 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,28 ± 0,046	38,62	38,73	39,47	38,54	37,06	37,59	0,866	38,34 ± 1,732	19,59	19,2	19,40 ± 1,732	14,63	9,85	4,78	1704 ± 17,0	142,26	111,96	56,74	43,43	0,087	0,084	5,31	2,95	4,13 ± 1,18
19:23:30	69,95 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,3 ± 0,046	38,61	38,74	39,51	38,56	37,1	37,61	0,862	38,36 ± 1,725	19,59	19,21	19,40 ± 1,725	14,63	9,85	4,78	1703 ± 17,0	142,35	112,10	56,74	43,46	0,087	0,085	5,36	2,99	4,17 ± 1,19
19:24:00	70,1 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,37 ± 0,047	38,61	38,75	39,57	38,64	37,1	37,64	0,879	38,39 ± 1,757	19,6	19,2	19,40 ± 1,757	14,65	9,86	4,79	1701 ± 17,0	143,01	112,26	56,85	43,39	0,090	0,088	5,57	3,08	4,33 ± 1,24
19:24:30	69,95 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,29 ± 0,046	38,6	38,74	39,54	38,68	37,09	37,61	0,880	38,38 ± 1,760	19,59	19,19	19,39 ± 1,760	14,67	9,87	4,80	1705 ± 17,1	142,74	112,03	56,82	43,35	0,087	0,085	5,36	2,96	4,16 ± 1,20
19:25:00	70,11 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,24 ± 0,045	38,54	38,71	39,44	38,56	37,1	37,6	0,839	38,33 ± 1,678	19,58	19,18	19,38 ± 1,678	14,67	9,88	4,79	1700 ± 17,0	142,07	112,38	56,53	43,54	0,085	0,083	5,21	2,94	4,08 ± 1,14
19:30:00	70,11 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,23 ± 0,045	38,6	38,71	39,44	38,55	37,06	37,58	0,857	38,32 ± 1,714	19,56	19,17	19,37 ± 1,714	14,68	9,87	4,81	1704 ± 17,0	142,31	112,17	56,61	43,42	0,085	0,083	5,19	2,90	4,05 ± 1,14
19:30:30	69,96 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,24 ± 0,045	38,65	38,73	39,51	38,58	37,1	37,58	0,870	38,36 ± 1,741	19,55	19,17	19,36 ± 1,741	14,69	9,86	4,83	1699 ± 17,0	142,50	112,05	56,67	43,32	0,085	0,083	5,25	2,92	4,08 ± 1,17
19:31:00	69,97 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,27 ± 0,045	38,62	38,72	39,51	38,65	37,13	37,63	0,854	38,38 ± 1,708	19,55	19,18	19,37 ± 1,708	14,69	9,87	4,82	1708 ± 17,1	142,42	112,33	56,58	43,42	0,086	0,084	5,28	2,96	4,12 ± 1,16
19:31:30	69,96 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,19 ± 0,044	38,66	38,75	39,53	38,69	37,12	37,67	0,863	38,40 ± 1,726	19,56	19,18	19,37 ± 1,726	14,7	9,87	4,83	1703 ± 17,0	142,70	112,37	56,67	43,40	0,083	0,081	5,12	2,86	3,99 ± 1,13
19:32:00	69,97 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,29 ± 0,046	38,64	38,72	39,45	38,71	37,16	37,7	0,823	38,40 ± 1,646	19,57	19,17	19,37 ± 1,646	14,7	9,88	4,82	1706 ± 17,1	142,13	112,78	56,40	43,61	0,087	0,085	5,31	3,02	4,16 ± 1,14
19:32:30	69,98 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,44 ± 0,049	38,61	38,73	39,49	38,73	37,14	37,72	0,837	38,40 ± 1,673	19,57	19,18	19,38 ± 1,673	14,71	9,89	4,82	1706 ± 17,1	142,38	112,67	56,51	43,55	0,093	0,090	5,67	3,21	4,44 ± 1,23
19:33:00	69,96 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,33 ± 0,047	38,56	38,72	39,45	38,72	37,13	37,71	0,827	38,38 ± 1,654	19,57	19,17	19,37 ± 1,654	14,73	9,91	4,82	1707 ± 17,1	142,06	112,64	56,44	43,60	0,089	0,086	5,39	3,06	4,23 ± 1,17
19:33:30	69,98 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,24 ± 0,045	38,52	38,73	39,45	38,66	37,08	37,65	0,846	38,35 ± 1,693	19,57	19,17	19,37 ± 1,693	14,73	9,91	4,82	1707 ± 17,1	142,13	112,27	56,56	43,49	0,085	0,083	5,19	2,92	4,06 ± 1,14
19:34:00	69,97 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,32 ± 0,046	38,53	38,73	39,48	38,61	37,06	37,64	0,859	38,34 ± 1,718	19,58	19,18	19,38 ± 1,718	14,73	9,91	4,82	1708 ± 17,1	142,24	112,09	56,68	43,45	0,088	0,086	5,38	3,01	4,20 ± 1,19
19:34:30	69,98 ± 3,5	75,9 ± 3,8	2,02 ± 0,040	38,52	38,69	39,39	38,58	37,01	37,59	0,853	38,30 ± 1,705	19,57	19,17	19,37 ± 1,705	14,74	9,91	4,83	1706 ± 17,1	141,86	111,93	56,61	43,46	0,077	0,075	4,68	2,62	3,65 ± 1,03
19:35:00	69,99 ± 3,5	76 ± 3,8	2,15 ± 0,043	38,49	38,7	39,42	38,54	37	37,57	0,864	38,29 ± 1,727	19,57	19,18	19,38 ± 1,727	14,74	9,9	4,84	1708 ± 17,1	141,96	111,77	56,70	43,42	0,082	0,080	4,98	2,77	3,87 ± 1,10

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CONVENCIONAL			
Data:	15/9/2010		
Pressão Atmosferia	90,88 kPa		
Area do Duto	0,0484 m ²		
Velocidade exaustor:	High		
Potencia vazio	119 W		
Fator Correção Vazão	0,8089		
Temperatura da camara	40 °C		

RESULTADO	
COP Médio	5,98 ± 1,401
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	216%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em camara climatizada -Laboratório Maquinas Hidraulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m \cdot \min(h_{1min} - h_{2max}) / Pot_{Liqmax}$
$COP_{max} = m \cdot \max(h_{1max} - h_{2min}) / Pot_{Liqmin}$
$m \cdot \max = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{max}; P)$
$m \cdot \min = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{min}; P)$
$h_{max} = (T_{Aemax}; U_{Rmax}; P)$
$h_{min} = (T_{Aemin}; U_{Rmin}; P)$

Canal Hora	Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]	Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]								Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]		Vazão Mássica		Coeficiente de Performance					
	0		1	2	4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variag.	Visual	h1		h2		m'		COP		
	UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	Vm ± 2%	TAE1								σ	2σ	TAE2 [°C]		2σ	TFE1		TFE2	[W]	max	min	max	min	max	min	media	
17:10:00	70,32 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,37 ± 0,087	39,04	38,66	38,21	37,87	38,62	38,14	0,426	38,42 ± 0,852	21,95	21,59	21,77 ± 0,852	17,98	13,36	4,62	1936 ± 19,4	137,48	117,70	61,98	52,84	0,166	0,160	7,64	4,96	6,30 ± 1,34	
17:10:30	70,33 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,39 ± 0,088	39,11	38,64	38,21	37,9	38,62	38,11	0,441	38,43 ± 0,883	21,96	21,6	21,78 ± 0,883	17,99	13,35	4,64	1947 ± 19,5	137,75	117,58	62,13	52,78	0,166	0,161	7,66	4,93	6,30 ± 1,36	
17:11:00	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,32 ± 0,086	39	38,57	38,08	37,96	38,62	38,15	0,399	38,40 ± 0,798	21,95	21,6	21,78 ± 0,798	17,98	13,35	4,63	1932 ± 19,3	136,97	117,88	61,81	53,02	0,164	0,158	7,51	4,95	6,23 ± 1,28	
17:11:30	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,16 ± 0,083	39,07	38,58	38,02	37,86	38,64	38,17	0,453	38,39 ± 0,907	21,97	21,62	21,80 ± 0,907	18	13,35	4,65	1943 ± 19,4	137,65	117,23	62,26	52,75	0,158	0,153	7,26	4,65	5,96 ± 1,31	
17:12:00	70,47 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,26 ± 0,085	39,09	38,69	38,14	37,88	38,59	38,15	0,446	38,42 ± 0,892	21,99	21,63	21,81 ± 0,892	18,03	13,36	4,67	1957 ± 19,6	137,96	117,66	62,27	52,85	0,162	0,156	7,40	4,76	6,08 ± 1,32	
17:12:30	70,35 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,3 ± 0,086	39,01	38,55	38,02	37,82	38,55	38,1	0,440	38,34 ± 0,880	21,97	21,62	21,80 ± 0,880	18,03	13,38	4,65	1944 ± 19,4	137,16	117,12	62,17	52,83	0,163	0,158	7,46	4,80	6,13 ± 1,33	
17:13:00	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,22 ± 0,084	39,06	38,52	38,04	37,81	38,6	38,16	0,451	38,37 ± 0,902	21,99	21,62	21,81 ± 0,902	18,04	13,39	4,65	1932 ± 19,3	137,45	117,11	62,28	52,79	0,160	0,155	7,39	4,73	6,06 ± 1,33	
17:13:30	70,35 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,57 ± 0,091	39	38,46	37,94	37,85	38,63	38,23	0,435	38,35 ± 0,870	21,99	21,63	21,81 ± 0,870	18,05	13,41	4,64	1932 ± 19,3	137,16	117,23	62,18	52,91	0,173	0,168	7,97	5,14	6,56 ± 1,41	
17:14:00	70,46 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,19 ± 0,084	39,03	38,51	38,05	37,86	38,58	38,11	0,431	38,36 ± 0,862	22,01	21,65	21,83 ± 0,862	18,06	13,43	4,63	1932 ± 19,3	137,31	117,44	62,24	53,00	0,159	0,154	7,31	4,73	6,02 ± 1,29	
17:14:30	70,33 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,29 ± 0,086	39,04	38,53	38,15	37,91	38,6	38,21	0,401	38,41 ± 0,802	22,02	21,67	21,85 ± 0,802	18,08	13,45	4,63	1953 ± 19,5	137,05	117,90	62,07	53,22	0,163	0,157	7,36	4,84	6,10 ± 1,26	
17:15:00	70,33 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,42 ± 0,088	39,09	38,63	38,25	37,98	38,58	38,24	0,391	38,46 ± 0,781	22,05	21,69	21,87 ± 0,781	18,1	13,47	4,63	1948 ± 19,5	137,28	118,32	62,08	53,35	0,168	0,162	7,62	5,04	6,33 ± 1,29	
17:20:00	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,19 ± 0,084	39,05	38,44	37,98	38,06	38,66	38,34	0,396	38,42 ± 0,792	22,06	21,71	21,89 ± 0,792	18,13	13,5	4,63	1951 ± 19,5	137,10	118,05	62,18	53,37	0,159	0,154	7,19	4,73	5,96 ± 1,23	
17:20:30	70,35 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,28 ± 0,086	39,12	38,59	38,15	37,96	38,67	38,37	0,412	38,48 ± 0,824	22,06	21,71	21,89 ± 0,824	18,12	13,51	4,61	1935 ± 19,4	137,69	118,19	62,29	53,27	0,162	0,157	7,47	4,88	6,18 ± 1,29	
17:21:00	70,33 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,35 ± 0,087	39,16	38,52	38,09	37,96	38,66	38,31	0,434	38,45 ± 0,868	22,06	21,71	21,89 ± 0,868	18,12	13,52	4,60	1951 ± 19,5	137,78	117,77	62,45	53,14	0,165	0,160	7,54	4,87	6,21 ± 1,34	
17:21:30	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,13 ± 0,083	39,13	38,49	38,06	37,93	38,65	38,39	0,431	38,44 ± 0,862	22,06	21,71	21,89 ± 0,862	18,12	13,52	4,60	1948 ± 19,5	137,70	117,77	62,42	53,16	0,157	0,151	7,17	4,63	5,90 ± 1,27	
17:22:00	70,36 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,29 ± 0,086	39,07	38,44	37,89	37,7	38,61	38,22	0,498	38,32 ± 0,996	22,05	21,7	21,88 ± 0,996	18,11	13,52	4,59	1951 ± 19,5	137,82	116,37	62,84	52,71	0,163	0,157	7,48	4,65	6,06 ± 1,41	
17:22:30	70,35 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,2 ± 0,084	39,13	38,54	38,08	38,77	38,62	38,26	0,479	38,40 ± 0,957	22,07	21,71	21,89 ± 0,957	18,12	13,52	4,60	1931 ± 19,3	138,05	117,00	62,77	52,88	0,159	0,154	7,41	4,66	6,03 ± 1,37	
17:23:00	70,32 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,27 ± 0,085	39,16	38,53	38,06	37,73	38,64	38,28	0,496	38,40 ± 0,992	22,07	21,71	21,89 ± 0,992	18,13	13,52	4,61	1932 ± 19,3	138,26	116,78	62,90	52,78	0,162	0,157	7,55	4,71	6,13 ± 1,42	
17:23:30	70,36 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,18 ± 0,084	39,13	38,56	38,07	37,71	38,62	38,34	0,489	38,41 ± 0,978	22,08	21,73	21,91 ± 0,978	18,13	13,53	4,60	1943 ± 19,4	138,25	116,94	62,89	52,86	0,159	0,153	7,34	4,59	5,97 ± 1,37	
17:24:00	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,34 ± 0,087	39,01	38,54	38,07	37,65	38,6	38,37	0,469	38,37 ± 0,938	22,08	21,73	21,91 ± 0,938	18,13	13,53	4,60	1928 ± 19,3	137,75	116,96	62,74	52,98	0,165	0,159	7,63	4,82	6,23 ± 1,40	
17:24:30	70,33 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,51 ± 0,090	39,18	38,61	38,21	37,74	38,6	38,34	0,481	38,45 ± 0,961	22,17	21,88	22,03 ± 0,961	18,27	13,64	4,63	1933 ± 19,3	138,38	117,23	63,25	53,27	0,171	0,166	7,94	4,98	6,46 ± 1,48	
17:25:00	70,34 ± 3,5	76,3 ± 3,8	4,16 ± 0,083	39,2	38,66	38,22	37,69	38,65	38,36	0,507	38,46 ± 1,014	22,66	22,51	22,59 ± 1,014	19,23	14,52	4,71	1927 ± 19,3	138,85	117,04	65,43	54,83	0,158	0,153	7,28	4,42	5,85 ± 1,43	
17:30:00	70,39 ± 3,5	76,4 ± 3,8	3,82 ± 0,076	39,01	38,62	38,14	37,71	38,21	37,87	0,482	38,26 ± 0,965	21,99	21,62	21,81 ± 0,965	18,04	13,39	4,65	1933 ± 19,3	137,25	116,24	62,55	52,64	0,145	0,140	6,68	4,19	5,44 ± 1,25	
17:30:30	70,54 ± 3,5	76,4 ± 3,8	3,81 ± 0,076	39,06	38,62	38,11	37,69	38,21	37,9	0,500	38,27 ± 1,000	21,99	21,63	21,81 ± 1,000	18,05	13,41	4,64	1955 ± 19,6	137,73	116,25	62,72	52,58	0,144	0,140	6,63	4,12	5,37 ± 1,25	
17:31:00	70,89 ± 3,5	76,5 ± 3,8	3,62 ± 0,072	39,31	38,62	38,15	37,62	38,08	37,96	0,595	38,29 ± 1,190	22,01	21,65	21,83 ± 1,190	18,06	13,43	4,63	1934 ± 19,3	139,70	115,74	63,49	52,09	0,137	0,133	6,55	3,87	5,21 ± 1,34	
17:31:30	70,63 ± 3,5	76,5 ± 3,8	3,7 ± 0,074	39,35	38,64	38,17	37,79	38,02	37,86	0,594	38,31 ± 1,189	22,02	21,67	21,85 ± 1,189	18,08	13,45	4,63	1937 ± 19,4	139,40	115,53	63,56	52,15	0,140	0,136	6,65	3,93	5,29 ± 1,36	
17:32:00	70,53 ± 3,5	76,5 ± 3,8	3,74 ± 0,075	39,32	38,59	38,15	37,76	38,14	37,88	0,573	38,31 ± 1,146	22,05	21,69	21,87 ± 1,146	18,1	13,47	4,63	1945 ± 19,5	138,97	115,66	63,49	52,36	0,142	0,137	6,65	3,97	5,31 ± 1,34	
17:32:30	70,35 ± 3,5	76,5 ± 3,8	3,7 ± 0,074	39,29	38,55	38,1	37,72	38,02	37,82	0,585	38,25 ± 1,171	21,99	21,63	21,81 ± 1,171	18,05	13,41	4,64	1932 ± 19,3	138,49	115,00	63,37	52,10	0,140	0,136	6,61	3,91	5,26 ± 1,35	
17:33:00	70,36 ± 3,5	76,5 ± 3,8	3,81 ± 0,076	39,26	38,6	38,16	37,72	38,04	37,81	0,578	38,27 ± 1,155	22,01	21,65	21,83 ± 1,155	18,06	13,43	4,63	1929 ± 19,3	138,50	115,18	63,37	52,20	0,144	0,140	6,81	4,05	5,43 ± 1,38	
17:33:30	70,38 ± 3,5	76,4 ± 3,8	4,14 ± 0,083	39,27	38,63	38,23	37,82	37,94	37,85	0,569	38,29 ± 1,137	21,99	21,62	21,81 ± 1,137	18,04	13,39	4,65	1956 ± 19,6	138,58	115,44	63,17	52,14	0,157	0,152	7,30	4,37	5,84 ± 1,47	
17:34:00	70,39 ± 3,5	76,3 ± 3,8	3,71 ± 0,074	39,31	38,58	38,11	37,92	38,05	37,86	0,554	38,31 ± 1,108	21,99	21,62	21,81 ± 1,108	18,04	13,39	4,65	1953 ± 19,5	138,50	115,69	63,02	52,19	0,141	0,136	6,54	3,95	5,25 ± 1,30	
17:34:30	70,4 ± 3,5	76,2 ± 3,8	4 ± 0,080	39,29	38,6	38,21	37,95	38,15	37,91	0,521	38,35 ± 1,043	21,99	21,63	21,81 ± 1,043	18,05	13,41	4,64	1926 ± 19,3	138,39	116,33	62,75	52,36	0,152	0,147	7,14	4,40	5,77 ± 1,37	
17:35:00	70,37 ± 3,5	76,1 ± 3,8	3,97 ± 0,079	39,33	38,58	38,24	37,96	38,25	37,98	0,513	38,39 ± 1,026	21,95	21,59	21,77 ± 1,026	17,98	13,36	4,62	1937 ± 19,4	138,49	116,60	62,49	52,24	0,150	0,146	7,06	4,38	5,72 ± 1,34	
17:40:00	70,41 ± 3,5	75,8 ± 3,8	4,04 ± 0,081	39,3	38,56	38,14	37,91	38,44	37,98	0,514	38,39 ± 1,028	21,95	21,59	21,77 ± 1,028	17,98	13,36	4,62	1932 ± 19,3	138>									

17:50:00	70,49 ± 3,5	73,3 ± 3,7	4,02 ± 0,080	39,49	38,66	38,34	38	37,98	38,06	0,585	38,42 ± 1,169	21,99	21,62	21,81 ± 1,169	18,04	13,39	4,65	1943 ± 19,4	139,85	116,12	61,62	50,75	0,152	0,147	7,35	4,45	5,90 ± 1,45
17:50:30	70,46 ± 3,5	73,2 ± 3,7	3,88 ± 0,078	39,49	38,67	38,37	38,1	38,15	37,96	0,564	38,46 ± 1,127	21,99	21,63	21,81 ± 1,127	18,05	13,41	4,64	1937 ± 19,4	139,76	116,51	61,40	50,82	0,147	0,142	7,11	4,36	5,73 ± 1,37
17:51:00	70,46 ± 3,5	73 ± 3,6	4,04 ± 0,081	39,47	38,66	38,31	37,94	38,09	37,96	0,587	38,41 ± 1,174	21,99	21,62	21,81 ± 1,174	18,04	13,39	4,65	1921 ± 19,2	139,72	115,97	61,45	50,60	0,153	0,148	7,48	4,53	6,01 ± 1,47
17:51:30	70,46 ± 3,5	72,8 ± 3,6	4,01 ± 0,080	39,42	38,65	38,39	37,94	38,06	37,93	0,575	38,40 ± 1,149	21,99	21,63	21,81 ± 1,149	18,05	13,41	4,64	1938 ± 19,4	139,51	116,07	61,28	50,60	0,152	0,147	7,34	4,48	5,91 ± 1,43
17:52:00	70,49 ± 3,5	72,6 ± 3,6	4,18 ± 0,084	39,37	38,61	38,22	37,84	37,89	37,7	0,630	38,27 ± 1,259	22,01	21,65	21,83 ± 1,259	18,06	13,43	4,63	1934 ± 19,3	139,44	114,79	61,64	50,28	0,158	0,153	7,68	4,54	6,11 ± 1,57
17:52:30	70,48 ± 3,5	72,5 ± 3,6	4,27 ± 0,085	39,47	38,62	38,26	37,85	38,08	37,75	0,635	38,34 ± 1,270	22,01	21,65	21,83 ± 1,270	18,06	13,43	4,63	1926 ± 19,3	139,95	115,09	61,61	50,19	0,161	0,157	7,94	4,69	6,31 ± 1,62
17:53:00	70,47 ± 3,5	72,3 ± 3,6	4,13 ± 0,083	39,41	38,64	38,28	37,83	38,06	37,73	0,624	38,33 ± 1,248	22,02	21,67	21,85 ± 1,248	18,08	13,45	4,63	1935 ± 19,4	139,70	115,12	61,49	50,23	0,156	0,152	7,61	4,52	6,07 ± 1,55
17:53:30	70,47 ± 3,5	72,2 ± 3,6	4,13 ± 0,083	39,49	38,62	38,34	37,92	38,07	37,71	0,640	38,36 ± 1,279	22,05	21,69	21,87 ± 1,279	18,1	13,47	4,63	1938 ± 19,4	140,13	115,14	61,61	50,16	0,156	0,152	7,64	4,51	6,08 ± 1,57
17:54:00	70,48 ± 3,5	72,1 ± 3,6	4,07 ± 0,081	39,42	38,6	38,37	37,91	38,07	37,65	0,627	38,34 ± 1,255	21,95	21,6	21,78 ± 1,255	17,98	13,35	4,63	1939 ± 19,4	139,84	115,16	61,14	49,91	0,154	0,149	7,52	4,48	6,00 ± 1,52
17:54:30	70,47 ± 3,5	71,9 ± 3,6	4,29 ± 0,086	39,45	38,6	38,34	37,91	38,21	37,74	0,609	38,38 ± 1,218	21,99	21,62	21,81 ± 1,218	18,04	13,39	4,65	1932 ± 19,3	139,83	115,57	61,04	50,04	0,162	0,157	7,95	4,78	6,37 ± 1,58
17:55:00	70,49 ± 3,5	71,8 ± 3,6	4,07 ± 0,081	39,46	38,65	38,36	37,98	38,22	37,69	0,616	38,39 ± 1,233	21,99	21,63	21,81 ± 1,233	18,05	13,41	4,64	1937 ± 19,4	140,09	115,61	61,05	49,96	0,154	0,149	7,55	4,53	6,04 ± 1,51
18:00:00	70,48 ± 3,5	71,6 ± 3,6	4,2 ± 0,084	39,41	38,68	38,46	37,96	38,56	38,14	0,506	38,54 ± 1,012	21,95	21,59	21,77 ± 1,012	17,98	13,36	4,62	1929 ± 19,3	139,53	117,62	60,05	50,39	0,159	0,154	7,74	4,95	6,35 ± 1,40
18:00:30	70,49 ± 3,5	71,5 ± 3,6	4,03 ± 0,081	39,37	38,68	38,41	37,84	38,57	38,19	0,516	38,51 ± 1,033	21,96	21,6	21,78 ± 1,033	17,99	13,35	4,64	1948 ± 19,5	139,52	117,37	60,10	50,31	0,152	0,148	7,36	4,67	6,02 ± 1,34
18:01:00	70,47 ± 3,5	71,4 ± 3,6	4,08 ± 0,082	39,36	38,63	38,26	37,92	38,64	38,23	0,499	38,51 ± 0,997	21,95	21,6	21,78 ± 0,997	17,98	13,35	4,63	1946 ± 19,5	139,23	117,53	59,90	50,36	0,154	0,149	7,43	4,76	6,10 ± 1,33
18:01:30	70,52 ± 3,5	71,3 ± 3,6	4,22 ± 0,084	39,41	38,62	38,2	37,9	38,59	38,09	0,541	38,47 ± 1,082	21,97	21,62	21,80 ± 1,082	18	13,35	4,65	1934 ± 19,3	139,62	116,90	60,22	50,14	0,160	0,155	7,79	4,88	6,33 ± 1,45
18:02:00	70,49 ± 3,5	71,2 ± 3,6	4,02 ± 0,080	39,45	38,66	38,3	37,89	38,51	38,03	0,558	38,47 ± 1,116	21,99	21,63	21,81 ± 1,116	18,03	13,36	4,67	1929 ± 19,3	139,84	116,70	60,32	50,04	0,152	0,147	7,46	4,64	6,05 ± 1,41
18:02:30	70,47 ± 3,5	71,1 ± 3,6	4,15 ± 0,083	39,48	38,73	38,5	37,96	38,59	38,03	0,551	38,55 ± 1,103	21,99	21,62	21,81 ± 1,103	18,04	13,39	4,65	1933 ± 19,3	140,22	117,17	60,21	50,03	0,157	0,152	7,72	4,83	6,27 ± 1,45
18:03:00	70,46 ± 3,5	71,1 ± 3,6	4,14 ± 0,083	39,44	38,68	38,49	38,03	38,61	38,05	0,517	38,55 ± 1,034	21,99	21,63	21,81 ± 1,034	18,05	13,41	4,64	1926 ± 19,3	139,76	117,55	59,97	50,22	0,157	0,152	7,68	4,88	6,28 ± 1,40
18:03:30	70,5 ± 3,5	71 ± 3,5	4,11 ± 0,082	39,39	38,57	38,31	37,99	38,6	38,07	0,507	38,49 ± 1,015	22,01	21,65	21,83 ± 1,015	18,06	13,43	4,63	1942 ± 19,4	139,27	117,36	59,92	50,29	0,156	0,151	7,51	4,79	6,15 ± 1,36
18:04:00	70,48 ± 3,5	70,9 ± 3,5	3,85 ± 0,077	39,43	38,64	38,33	38,02	38,64	38,1	0,514	38,53 ± 1,027	22,01	21,65	21,83 ± 1,027	18,06	13,43	4,63	1924 ± 19,2	139,58	117,49	59,92	50,21	0,146	0,141	7,14	4,55	5,84 ± 1,30
18:04:30	70,48 ± 3,5	70,8 ± 3,5	4,19 ± 0,084	39,42	38,56	38,15	38,11	38,7	38,18	0,503	38,52 ± 1,006	22,02	21,67	21,85 ± 1,006	18,08	13,45	4,63	1939 ± 19,4	139,39	117,57	59,85	50,28	0,159	0,153	7,68	4,92	6,30 ± 1,38
18:05:00	70,49 ± 3,5	70,8 ± 3,5	4 ± 0,080	39,41	38,59	38,23	37,96	38,72	38,22	0,515	38,52 ± 1,029	22,05	21,69	21,87 ± 1,029	18,1	13,47	4,63	1927 ± 19,3	139,58	117,46	59,99	50,27	0,151	0,147	7,40	4,71	6,05 ± 1,35

ANEXO 5

Resultados experimentais

TROCADOR DE CALOR PROTÓTIPO ELÍPTICO

Realização: 21/09/2010 das 8:15 as 19:20

Data:	21/09/2010	
Pressão Atmosferia	90,88 kPa	
Area do Duto	0,0484 m²	
Velocidade exaustor:	Alta	
Potencia vazio	119 W	
Fator Correção Vazio	0,8229	
Temperatura da câmara	20 °C	

RESULTADO	
GOP Médio	1,53 ± 0,5
GOP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	

Universidade Federal do Paraná
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica
Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Máquinas Hidráulicas

Dissertação de Mestrado:
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização
por **Marcos Antonio Rossetti**

Umidade relativa [%]			Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/KG]			Vazão Mássica		Coeficiente de Performance								
Canal	0		1		2		4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	2σ	12	13	Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP			
Hora	UR1	± 5%	UR2	± 5%	Vm	± 2%	TAe1							σ	2σ	TAe2 [°C]			2σ	TRe1	TRe2		[W]	max	mín	max	mín	max	mín	max	mín	media
8:15:00	73,05 ± 3,7		76,34 ± 3,8		2,52 ± 0,050		21,41	20,61	20,62	20,91	21,26	21,36	0,365	21,03 ± 0,729	12,91	12,70	12,81 ± 0,729		9,42	6,03	3,39	1399 ± 14,0	57,42	49,67	35,40	30,00	0,093	0,090	1,98	1,02	1,50 ± 0,48	
8:15:30	73,42 ± 3,7		76,41 ± 3,8		2,64 ± 0,053		21,43	20,63	20,62	20,93	21,28	21,38	0,369	21,05 ± 0,739	12,93	12,68	12,81 ± 0,739		9,44	6,03	3,41	1398 ± 14,0	57,69	49,84	35,45	30,00	0,098	0,094	2,10	1,08	1,59 ± 0,51	
8:16:00	72,32 ± 3,6		76,45 ± 3,8		2,57 ± 0,051		21,42	20,62	20,63	20,92	21,27	21,37	0,365	21,04 ± 0,729	12,92	12,69	12,81 ± 0,729		9,43	6,04	3,39	1397 ± 14,0	57,09	49,40	35,43	30,03	0,095	0,092	2,00	1,02	1,51 ± 0,49	
8:16:30	72,69 ± 3,6		76,83 ± 3,8		2,74 ± 0,055		21,42	20,62	20,61	20,92	21,27	21,37	0,369	21,04 ± 0,739	12,92	12,69	12,81 ± 0,739		9,43	6,02	3,41	1401 ± 14,0	57,29	49,51	35,57	30,10	0,102	0,098	2,13	1,08	1,60 ± 0,53	
8:17:00	72,47 ± 3,6		76,83 ± 3,8		2,57 ± 0,051		21,42	20,63	20,62	20,92	21,27	21,37	0,365	21,04 ± 0,729	12,92	12,69	12,81 ± 0,729		9,43	6,03	3,40	1396 ± 14,0	57,16	49,46	35,54	30,12	0,095	0,092	2,00	1,01	1,50 ± 0,49	
8:17:30	72,83 ± 3,6		76,82 ± 3,8		2,44 ± 0,049		21,40	20,63	20,62	20,90	21,25	21,36	0,358	21,03 ± 0,715	12,91	12,69	12,80 ± 0,715		9,41	6,03	3,38	1397 ± 14,0	57,26	49,62	35,49	30,13	0,090	0,087	1,90	0,98	1,44 ± 0,46	
8:18:00	72,39 ± 3,6		76,41 ± 3,8		2,45 ± 0,049		21,41	20,60	20,63	20,91	21,26	21,36	0,365	21,03 ± 0,730	12,91	12,70	12,81 ± 0,730		9,42	6,04	3,38	1398 ± 14,0	57,09	49,40	35,42	30,02	0,091	0,088	1,90	0,97	1,44 ± 0,47	
8:18:30	72,47 ± 3,6		76,80 ± 3,8		2,65 ± 0,053		21,42	20,61	20,63	20,92	21,27	21,38	0,369	21,04 ± 0,738	12,93	12,71	12,82 ± 0,738		9,43	6,04	3,39	1398 ± 14,0	57,19	49,43	35,59	30,12	0,098	0,095	2,06	1,04	1,55 ± 0,51	
8:19:00	72,61 ± 3,6		76,34 ± 3,8		2,54 ± 0,051		21,42	20,61	20,61	20,92	21,27	21,36	0,370	21,03 ± 0,739	12,91	12,71	12,81 ± 0,739		9,43	6,02	3,41	1399 ± 14,0	57,25	49,47	35,44	29,99	0,094	0,091	1,98	1,01	1,50 ± 0,49	
8:19:30	72,83 ± 3,6		77,03 ± 3,9		2,65 ± 0,053		21,43	20,61	20,62	20,93	21,28	21,37	0,372	21,04 ± 0,744	12,92	12,71	12,82 ± 0,744		9,44	6,03	3,41	1399 ± 14,0	57,40	49,57	35,66	30,15	0,098	0,095	2,07	1,04	1,55 ± 0,51	
8:20:00	73,13 ± 3,7		77,42 ± 3,9		2,64 ± 0,053		21,43	20,63	20,62	20,93	21,28	21,65	0,430	21,09 ± 0,860	13,20	12,70	12,95 ± 0,860		9,44	6,03	3,41	1400 ± 1										

8:55:00	72,69 ± 3,6	76,65 ± 3,8	2,68 ± 0,054	21,41	20,63	20,61	20,93	21,26	21,36	0,361	21,03 ± 0,723	12,91	12,69	12,80 ± 0,723	9,44	6,02	3,42	1397 ± 14,0	57,23	49,55	35,46	30,08	0,099	0,096	2,09	1,07	1,58 ± 0,51
8:55:30	72,50 ± 3,6	76,45 ± 3,8	2,66 ± 0,053	21,43	20,61	20,63	20,92	21,28	21,38	0,372	21,04 ± 0,744	12,93	12,69	12,81 ± 0,744	9,43	6,04	3,39	1398 ± 14,0	57,24	49,44	35,48	30,00	0,099	0,095	2,08	1,05	1,56 ± 0,51
8:56:00	72,86 ± 3,6	76,83 ± 3,8	2,65 ± 0,053	21,42	20,62	20,62	20,92	21,27	21,37	0,367	21,04 ± 0,734	12,92	12,70	12,81 ± 0,734	9,43	6,03	3,40	1399 ± 14,0	57,37	49,60	35,57	30,12	0,098	0,095	2,07	1,05	1,56 ± 0,51
8:56:30	72,94 ± 3,6	77,06 ± 3,9	2,71 ± 0,054	21,42	20,62	20,62	20,93	21,27	21,37	0,366	21,04 ± 0,733	12,92	12,68	12,80 ± 0,733	9,44	6,03	3,41	1400 ± 14,0	57,41	49,64	35,60	30,15	0,100	0,097	2,11	1,07	1,59 ± 0,52
8:57:00	73,16 ± 3,7	76,65 ± 3,8	2,63 ± 0,053	21,42	20,62	20,62	20,91	21,27	21,37	0,368	21,04 ± 0,735	12,92	12,69	12,81 ± 0,735	9,42	6,03	3,39	1401 ± 14,0	57,52	49,72	35,50	30,06	0,097	0,094	2,07	1,05	1,56 ± 0,51
8:57:30	73,07 ± 3,7	76,85 ± 3,8	2,68 ± 0,054	21,41	20,62	20,60	20,92	21,26	21,35	0,365	21,03 ± 0,729	12,90	12,69	12,80 ± 0,729	9,43	6,01	3,42	1398 ± 14,0	57,43	49,67	35,52	30,10	0,099	0,096	2,10	1,07	1,59 ± 0,51
8:58:00	72,69 ± 3,6	77,15 ± 3,9	2,44 ± 0,049	21,41	20,63	20,61	20,92	21,26	21,36	0,362	21,03 ± 0,724	12,91	12,70	12,81 ± 0,724	9,43	6,02	3,41	1397 ± 14,0	57,23	49,55	35,62	30,20	0,090	0,087	1,89	0,96	1,43 ± 0,47
8:58:30	72,47 ± 3,6	77,06 ± 3,9	2,50 ± 0,050	21,43	20,64	20,62	20,93	21,28	21,37	0,365	21,05 ± 0,730	12,92	12,70	12,81 ± 0,730	9,44	6,03	3,41	1397 ± 14,0	57,19	49,47	35,62	30,18	0,093	0,089	1,94	0,98	1,46 ± 0,48
8:59:00	73,07 ± 3,7	76,65 ± 3,8	2,49 ± 0,050	21,41	20,64	20,62	20,92	21,26	21,37	0,359	21,04 ± 0,718	12,92	12,68	12,80 ± 0,718	9,43	6,03	3,40	1398 ± 14,0	57,42	49,73	35,45	30,09	0,092	0,089	1,95	1,01	1,48 ± 0,47
8:59:30	72,69 ± 3,6	76,41 ± 3,8	2,57 ± 0,051	21,42	20,64	20,63	20,92	21,27	21,38	0,362	21,04 ± 0,724	12,93	12,69	12,81 ± 0,724	9,43	6,04	3,39	1398 ± 14,0	57,27	49,58	35,42	30,04	0,095	0,092	2,01	1,03	1,52 ± 0,49
9:00:00	72,47 ± 3,6	77,15 ± 3,9	2,63 ± 0,053	21,70	20,63	20,63	20,93	21,55	21,38	0,470	21,14 ± 0,941	12,93	12,69	12,81 ± 0,941	9,44	6,04	3,41	1397 ± 14,0	58,16	49,13	36,16	29,72	0,097	0,094	2,14	0,97	1,56 ± 0,59
9:05:00	72,69 ± 3,6	77,15 ± 3,9	2,67 ± 0,053	21,43	20,61	20,63	20,91	21,26	21,38	0,370	21,04 ± 0,741	12,93	12,68	12,81 ± 0,741	9,43	6,04	3,39	1397 ± 14,0	57,30	49,51	35,66	30,17	0,099	0,096	2,08	1,05	1,56 ± 0,52
9:05:30	72,50 ± 3,6	77,06 ± 3,9	2,65 ± 0,053	21,41	20,63	20,62	20,93	21,28	21,36	0,362	21,04 ± 0,723	12,91	12,70	12,81 ± 0,723	9,43	6,02	3,41	1398 ± 14,0	57,16	49,49	35,59	30,18	0,098	0,095	2,05	1,04	1,55 ± 0,50
9:06:00	72,86 ± 3,6	76,65 ± 3,8	2,68 ± 0,054	21,42	20,62	20,62	20,92	21,27	21,37	0,367	21,04 ± 0,734	12,92	12,69	12,81 ± 0,734	9,44	6,03	3,41	1401 ± 14,0	57,37	49,60	35,50	30,06	0,099	0,096	2,09	1,07	1,58 ± 0,51
9:06:30	73,07 ± 3,7	76,41 ± 3,8	2,44 ± 0,049	21,42	20,62	20,63	20,92	21,27	21,37	0,365	21,04 ± 0,729	12,92	12,69	12,81 ± 0,729	9,42	6,03	3,39	1401 ± 14,0	57,47	49,71	35,42	30,02	0,090	0,087	1,92	0,98	1,45 ± 0,47
9:07:00	72,69 ± 3,6	76,80 ± 3,8	2,50 ± 0,050	21,42	20,62	20,61	20,92	21,27	21,37	0,369	21,04 ± 0,739	12,92	12,69	12,81 ± 0,739	9,43	6,03	3,40	1401 ± 14,0	57,29	49,51	35,56	30,09	0,093	0,089	1,94	0,98	1,46 ± 0,48
9:07:30	72,88 ± 3,6	76,34 ± 3,8	2,56 ± 0,051	21,42	20,61	20,62	20,91	21,25	21,37	0,367	21,03 ± 0,735	12,92	12,67	12,80 ± 0,735	9,43	6,03	3,40	1400 ± 14,0	57,36	49,59	35,39	29,96	0,095	0,092	2,01	1,03	1,52 ± 0,49
9:08:00	73,16 ± 3,7	77,03 ± 3,9	2,68 ± 0,054	21,43	20,61	20,62	20,91	21,26	21,38	0,373	21,04 ± 0,745	12,93	12,68	12,81 ± 0,745	9,44	6,04	3,40	1400 ± 14,0	57,55	49,69	35,64	30,13	0,099	0,096	2,10	1,06	1,58 ± 0,52
9:08:30	73,07 ± 3,7	76,65 ± 3,8	2,65 ± 0,053	21,44	20,63	20,63	20,93	21,27	21,39	0,370	21,05 ± 0,739	12,94	12,69	12,82 ± 0,739	9,44	6,05	3,39	1400 ± 14,0	57,53	49,71	35,54	30,07	0,098	0,095	2,08	1,06	1,57 ± 0,51
9:09:00	72,69 ± 3,6	76,45 ± 3,8	2,67 ± 0,053	21,44	20,61	20,62	20,91	21,27	21,39	0,378	21,04 ± 0,756	12,94	12,69	12,82 ± 0,756	9,42	6,05	3,37	1399 ± 14,0	57,36	49,48	35,52	29,99	0,099	0,096	2,09	1,05	1,57 ± 0,52
9:09:30	72,47 ± 3,6	76,80 ± 3,8	2,56 ± 0,051	21,44	20,62	20,62	20,92	21,28	21,39	0,376	21,05 ± 0,752	12,94	12,70	12,82 ± 0,752	9,43	6,05	3,38	1399 ± 14,0	57,26	49,41	35,63	30,09	0,095	0,092	1,99	1,00	1,49 ± 0,50
9:10:00	73,16 ± 3,7	76,80 ± 3,8	2,78 ± 0,056	21,43	20,90	20,63	21,20	21,28	21,38	0,310	21,14 ± 0,620	12,93	12,70	12,81 ± 0,620	9,43	6,04	3,39	1398 ± 14,0	57,47	50,34	35,28	30,37	0,103	0,099	2,16	1,18	1,67 ± 0,49

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR ELÍPTICO															Universidade Federal do Paraná																								
Data:		21/09/2010													Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica																								
Pressão Atmosférica		90,88 kPa													Análise Experimental em camara climatizada -Laboratório Maquinas Hidraulicas																								
Area do Duto		0,0484 m²													Dissertação de Mestrado:																								
Velocidade exaustor:		Alta													Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização																								
Potencia vazio		119 W													por: Marcos Antonio Rossetim																								
Fator Correção Vazão		0,8089																																					
Temperatura da camar		20 °C																																					
		RESULTADO																																					
		COP Médio 2,42 ± 0,837																																					
		COP Nominal Fabricante: 2,77																																					
		Diferença percentual 57%																																					
															</																								

11:05:00	72,27 ± 3,6	76,23 ± 3,8	5,13 ± 0,103	21,31	20,53	20,51	20,83	21,16	21,26	0,361	20,93 ± 0,723	13,26	13,04	13,15 ± 0,723	12,93	8,65	4,28	1577 ± 15,8	56,70	49,10	36,21	30,75	0,187	0,181	3,30	1,62	2,46 ± 0,84
11:05:30	72,09 ± 3,6	76,04 ± 3,8	5,11 ± 0,102	21,33	20,51	20,53	20,82	21,18	21,28	0,372	20,94 ± 0,744	13,28	13,04	13,16 ± 0,744	12,92	8,67	4,25	1578 ± 15,8	56,71	48,99	36,23	30,68	0,186	0,180	3,29	1,59	2,44 ± 0,85
11:06:00	72,45 ± 3,6	76,41 ± 3,8	5,10 ± 0,102	21,32	20,52	20,52	20,82	21,17	21,27	0,367	20,94 ± 0,734	13,27	13,05	13,16 ± 0,734	12,92	8,66	4,26	1579 ± 15,8	56,84	49,15	36,31	30,80	0,186	0,180	3,28	1,60	2,44 ± 0,84
11:06:30	72,53 ± 3,6	76,64 ± 3,8	5,16 ± 0,103	21,32	20,52	20,52	20,83	21,17	21,27	0,366	20,94 ± 0,733	13,27	13,03	13,15 ± 0,733	12,93	8,66	4,27	1580 ± 15,8	56,88	49,19	36,35	30,83	0,188	0,182	3,32	1,61	2,47 ± 0,85
11:07:00	72,74 ± 3,6	76,23 ± 3,8	5,08 ± 0,102	21,32	20,52	20,52	20,81	21,17	21,27	0,368	20,94 ± 0,735	13,27	13,04	13,16 ± 0,735	12,91	8,66	4,25	1581 ± 15,8	56,99	49,26	36,25	30,74	0,185	0,179	3,29	1,61	2,45 ± 0,84
11:07:30	72,66 ± 3,6	76,43 ± 3,8	5,13 ± 0,103	21,31	20,52	20,50	20,82	21,16	21,25	0,365	20,93 ± 0,729	13,25	13,04	13,15 ± 0,729	12,92	8,64	4,28	1578 ± 15,8	56,90	49,22	36,27	30,78	0,187	0,181	3,31	1,62	2,47 ± 0,85
11:08:00	72,27 ± 3,6	76,73 ± 3,8	4,89 ± 0,098	21,31	20,53	20,51	20,82	21,16	21,26	0,362	20,93 ± 0,724	13,26	13,05	13,16 ± 0,724	12,92	8,65	4,27	1577 ± 15,8	56,70	49,09	36,37	30,88	0,178	0,172	3,13	1,52	2,32 ± 0,80
11:08:30	72,05 ± 3,6	76,64 ± 3,8	4,95 ± 0,099	21,33	20,54	20,52	20,83	21,18	21,27	0,365	20,95 ± 0,730	13,27	13,05	13,16 ± 0,730	12,93	8,66	4,27	1577 ± 15,8	56,66	49,02	36,37	30,86	0,181	0,174	3,16	1,53	2,35 ± 0,82
11:09:00	72,66 ± 3,6	76,23 ± 3,8	4,94 ± 0,099	21,31	20,54	20,52	20,82	21,16	21,27	0,359	20,94 ± 0,718	13,27	13,03	13,15 ± 0,718	12,92	8,66	4,26	1578 ± 15,8	56,89	49,28	36,20	30,76	0,180	0,174	3,19	1,58	2,39 ± 0,81
11:09:30	72,27 ± 3,6	76,00 ± 3,8	5,02 ± 0,100	21,32	20,54	20,53	20,82	21,17	21,28	0,362	20,94 ± 0,724	13,28	13,04	13,16 ± 0,724	12,92	8,67	4,25	1578 ± 15,8	56,74	49,12	36,17	30,72	0,183	0,177	3,23	1,59	2,41 ± 0,82
11:10:00	72,05 ± 3,6	76,73 ± 3,8	5,08 ± 0,102	21,60	20,53	20,53	20,83	21,45	21,28	0,470	21,04 ± 0,941	13,28	13,04	13,16 ± 0,941	12,93	8,67	4,27	1577 ± 15,8	57,63	48,68	36,91	30,40	0,185	0,179	3,42	1,46	2,44 ± 0,98
11:15:00	72,27 ± 3,6	76,73 ± 3,8	5,12 ± 0,102	21,33	20,51	20,53	20,81	21,16	21,28	0,370	20,94 ± 0,741	13,28	13,03	13,16 ± 0,741	12,92	8,67	4,25	1577 ± 15,8	56,77	49,06	36,41	30,85	0,187	0,180	3,29	1,58	2,43 ± 0,85
11:15:30	72,09 ± 3,6	76,64 ± 3,8	5,10 ± 0,102	21,31	20,53	20,52	20,83	21,18	21,26	0,362	20,94 ± 0,723	13,26	13,05	13,16 ± 0,723	12,92	8,65	4,27	1578 ± 15,8	56,63	49,04	36,34	30,86	0,186	0,180	3,25	1,58	2,42 ± 0,84
11:16:00	72,45 ± 3,6	76,23 ± 3,8	5,13 ± 0,103	21,32	20,52	20,52	20,82	21,17	21,27	0,367	20,94 ± 0,734	13,27	13,04	13,16 ± 0,734	12,93	8,66	4,27	1581 ± 15,8	56,84	49,15	36,25	30,74	0,187	0,181	3,31	1,61	2,46 ± 0,85
11:16:30	72,66 ± 3,6	76,00 ± 3,8	4,89 ± 0,098	21,32	20,52	20,53	20,82	21,17	21,27	0,365	20,94 ± 0,729	13,27	13,04	13,16 ± 0,729	12,91	8,66	4,25	1581 ± 15,8	56,93	49,25	36,17	30,69	0,178	0,172	3,17	1,56	2,36 ± 0,80
11:17:00	72,27 ± 3,6	76,38 ± 3,8	4,95 ± 0,099	21,32	20,52	20,51	20,82	21,17	21,27	0,369	20,94 ± 0,739	13,27	13,04	13,16 ± 0,739	12,92	8,66	4,26	1581 ± 15,8	56,76	49,06	36,30	30,77	0,181	0,174	3,18	1,54	2,36 ± 0,82
11:17:30	72,46 ± 3,6	75,92 ± 3,8	5,01 ± 0,100	21,32	20,51	20,52	20,81	21,15	21,27	0,367	20,93 ± 0,735	13,27	13,02	13,15 ± 0,735	12,92	8,66	4,26	1580 ± 15,8	56,83	49,13	36,13	30,64	0,183	0,177	3,24	1,59	2,41 ± 0,83
11:18:00	72,74 ± 3,6	76,62 ± 3,8	5,13 ± 0,103	21,33	20,51	20,52	20,81	21,16	21,28	0,373	20,94 ± 0,745	13,28	13,03	13,16 ± 0,745	12,93	8,67	4,26	1580 ± 15,8	57,02	49,23	36,39	30,81	0,187	0,181	3,32	1,61	2,46 ± 0,86
11:18:30	72,66 ± 3,6	76,23 ± 3,8	5,10 ± 0,102	21,34	20,53	20,53	20,83	21,17	21,29	0,370	20,95 ± 0,739	13,29	13,04	13,17 ± 0,739	12,93	8,68	4,25	1580 ± 15,8	57,00	49,25	36,29	30,75	0,186	0,180	3,31	1,61	2,46 ± 0,85
11:19:00	72,27 ± 3,6	76,04 ± 3,8	5,12 ± 0,102	21,34	20,51	20,52	20,81	21,17	21,29	0,378	20,94 ± 0,756	13,29	13,04	13,17 ± 0,756	12,91	8,68	4,23	1579 ± 15,8	56,83	49,02	36,27	30,67	0,187	0,180	3,31	1,59	2,45 ± 0,86
11:19:30	72,05 ± 3,6	76,38 ± 3,8	5,01 ± 0,100	21,34	20,52	20,52	20,82	21,18	21,29	0,376	20,95 ± 0,752	13,29	13,05	13,17 ± 0,752	12,92	8,68	4,24	1579 ± 15,8	56,73	48,96	36,38	30,77	0,183	0,177	3,22	1,54	2,38 ± 0,84
11:20:00	72,74 ± 3,6	76,38 ± 3,8	5,23 ± 0,105	21,33	20,80	20,53	21,10	21,18	21,28	0,310	21,04 ± 0,620	13,28	13,05	13,16 ± 0,620	12,92	8,67	4,25	1578 ± 15,8	56,94	49,88	36,03	31,05	0,191	0,184	3,35	1,77	2,56 ± 0,79

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR ELÍPTICO															Universidade Federal do Paraná														
Data:		21/09/2010													Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica														
Pressão Atmosférica		90,88 kPa													Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Máquinas Hidráulicas														
Área do Duto		0,0484 m²																											
Velocidade exaustor:		Alta																											
Potência vazão		119 W																											
Fator Correção Vazão		0,8229																											
Temperatura da câmara		30 °C																											

12:45:00	72,64 ± 3,6	76,70 ± 3,8	2,61 ± 0,052	30,55	29,77	29,75	30,07	30,40	30,50	0,361	30,17 ± 0,723	19,40	19,18	19,29 ± 0,723	12,56	8,78	3,78	1534 ± 15,3	93,05	80,85	53,56	46,19	0,100	0,096	3,26	1,87	2,57 ± 0,69
12:45:30	72,45 ± 3,6	76,50 ± 3,8	2,59 ± 0,052	30,57	29,75	29,77	30,06	30,42	30,52	0,372	30,18 ± 0,744	19,42	19,18	19,30 ± 0,744	12,55	8,80	3,75	1535 ± 15,4	93,03	80,66	53,57	46,08	0,099	0,095	3,24	1,85	2,54 ± 0,70
12:46:00	72,81 ± 3,6	76,88 ± 3,8	2,58 ± 0,052	30,56	29,76	29,76	30,06	30,41	30,51	0,367	30,18 ± 0,734	19,41	19,19	19,30 ± 0,734	12,55	8,79	3,76	1536 ± 15,4	93,28	80,95	53,71	46,25	0,098	0,095	3,23	1,85	2,54 ± 0,69
12:46:30	72,89 ± 3,6	77,11 ± 3,9	2,64 ± 0,053	30,56	29,76	29,76	30,07	30,41	30,51	0,366	30,18 ± 0,733	19,41	19,17	19,29 ± 0,733	12,56	8,79	3,77	1537 ± 15,4	93,35	81,02	53,77	46,31	0,101	0,097	3,31	1,89	2,60 ± 0,71
12:47:00	73,11 ± 3,7	76,70 ± 3,8	2,56 ± 0,051	30,56	29,76	29,76	30,05	30,41	30,51	0,368	30,18 ± 0,735	19,41	19,18	19,30 ± 0,735	12,54	8,79	3,75	1538 ± 15,4	93,54	81,15	53,61	46,16	0,098	0,094	3,23	1,85	2,54 ± 0,69
12:47:30	73,03 ± 3,7	76,90 ± 3,8	2,61 ± 0,052	30,55	29,76	29,74	30,06	30,40	30,49	0,365	30,17 ± 0,729	19,39	19,18	19,29 ± 0,729	12,55	8,77	3,78	1535 ± 15,4	93,40	81,08	53,65	46,23	0,100	0,096	3,28	1,88	2,58 ± 0,70
12:48:00	72,64 ± 3,6	77,20 ± 3,9	2,37 ± 0,047	30,55	29,77	29,75	30,06	30,40	30,50	0,362	30,17 ± 0,724	19,40	19,19	19,30 ± 0,724	12,55	8,78	3,77	1534 ± 15,3	93,05	80,84	53,80	46,38	0,090	0,087	2,95	1,69	2,32 ± 0,63
12:48:30	72,42 ± 3,6	77,11 ± 3,9	2,43 ± 0,049	30,57	29,78	29,76	30,07	30,42	30,51	0,365	30,19 ± 0,730	19,41	19,19	19,30 ± 0,730	12,56	8,79	3,77	1534 ± 15,3	92,95	80,71	53,79	46,34	0,093	0,090	3,02	1,72	2,37 ± 0,65
12:49:00	73,03 ± 3,7	76,70 ± 3,8	2,42 ± 0,048	30,55	29,78	29,76	30,06	30,40	30,51	0,359	30,18 ± 0,718	19,41	19,17	19,29 ± 0,718	12,55	8,79	3,76	1535 ± 15,4	93,39	81,17	53,54	46,20	0,092	0,089	3,04	1,76	2,40 ± 0,64
12:49:30	72,64 ± 3,6	76,46 ± 3,8	2,50 ± 0,050	30,56	29,78	29,77	30,06	30,41	30,52	0,362	30,18 ± 0,724	19,42	19,18	19,30 ± 0,724	12,55	8,80	3,75	1535 ± 15,4	93,11	80,89	53,49	46,12	0,095	0,092	3,13	1,80	2,47 ± 0,66
12:50:00	72,42 ± 3,6	77,20 ± 3,9	2,56 ± 0,051	30,84	29,77	29,77	30,07	30,69	30,52	0,470	30,28 ± 0,941	19,42	19,18	19,30 ± 0,941	12,56	8,80	3,77	1534 ± 15,3	94,37	80,22	54,49	45,78	0,098	0,094	3,32	1,74	2,53 ± 0,79
12:55:00	72,64 ± 3,6	77,20 ± 3,9	2,60 ± 0,052	30,57	29,75	29,77	30,05	30,40	30,52	0,370	30,18 ± 0,741	19,42	19,17	19,30 ± 0,741	12,55	8,80	3,75	1534 ± 15,3	93,15	80,79	53,85	46,33	0,099	0,096	3,25	1,84	2,55 ± 0,70
12:55:30	72,45 ± 3,6	77,11 ± 3,9	2,58 ± 0,052	30,55	29,77	29,76	30,07	30,42	30,50	0,362	30,18 ± 0,723	19,40	19,19	19,30 ± 0,723	12,55	8,78	3,77	1535 ± 15,4	92,92	80,74	53,76	46,35	0,098	0,095	3,20	1,83	2,52 ± 0,69
12:56:00	72,81 ± 3,6	76,70 ± 3,8	2,61 ± 0,052	30,56	29,76	29,76	30,06	30,41	30,51	0,367	30,18 ± 0,734	19,41	19,18	19,30 ± 0,734	12,56	8,79	3,77	1538 ± 15,4	93,28	80,95	53,61	46,17	0,100	0,096	3,27	1,87	2,57 ± 0,70
12:56:30	73,03 ± 3,7	76,46 ± 3,8	2,37 ± 0,047	30,56	29,76	29,77	30,06	30,41	30,51	0,365	30,18 ± 0,729	19,41	19,18	19,30 ± 0,729	12,54	8,79	3,75	1538 ± 15,4	93,45	81,13	53,49	46,10	0,090	0,087	2,99	1,72	2,35 ± 0,63
12:57:00	72,64 ± 3,6	76,85 ± 3,8	2,43 ± 0,049	30,56	29,76	29,75	30,06	30,41	30,51	0,369	30,18 ± 0,739	19,41	19,18	19,30 ± 0,739	12,55	8,79	3,76	1538 ± 15,4	93,14	80,79	53,69	46,21	0,093	0,090	3,03	1,73	2,38 ± 0,65
12:57:30	72,83 ± 3,6	76,39 ± 3,8	2,49 ± 0,050	30,56	29,75	29,76	30,05	30,39	30,51	0,367	30,17 ± 0,735	19,41	19,16	19,29 ± 0,735	12,55	8,79	3,76	1537 ± 15,4	93,26	80,93	53,44	46,03	0,095	0,092	3,13	1,80	2,46 ± 0,67
12:58:00	73,11 ± 3,7	77,08 ± 3,9	2,61 ± 0,052	30,57	29,75	29,76	30,05	30,40	30,52	0,373	30,18 ± 0,745	19,42	19,17	19,30 ± 0,745	12,56	8,80	3,76	1537 ± 15,4	93,59	81,11	53,81	46,28	0,100	0,096	3,29	1,87	2,58 ± 0,71
12:58:30	73,03 ± 3,7	76,70 ± 3,8	2,58 ± 0,052	30,58	29,77	29,77	30,07	30,41	30,53	0,370	30,19 ± 0,739	19,43	19,18	19,31 ± 0,739	12,56	8,81	3,75	1537 ± 15,4	93,55	81,13	53,66	46,18	0,098	0,095	3,25	1,86	2,56 ± 0,70
12:59:00	72,64 ± 3,6	76,50 ± 3,8	2,60 ± 0,052	30,58	29,75	29,76	30,05	30,41	30,53	0,378	30,18 ± 0,756	19,43	19,18	19,31 ± 0,756	12,54	8,81	3,73	1536 ± 15,4	93,24	80,74	53,62	46,07	0,099	0,096	3,27	1,85	2,56 ± 0,71
12:59:30	72,42 ± 3,6	76,85 ± 3,8	2,49 ± 0,050	30,58	29,76	29,76	30,06	30,42	30,53	0,376	30,19 ± 0,752	19,43	19,19	19,31 ± 0,752	12,55	8,81	3,74	1536 ± 15,4	93,05	80,62	53,78	46,22	0,095	0,092	3,11	1,76	2,43 ± 0,67
13:00:00	73,11 ± 3,7	76,85 ± 3,8	2,71 ± 0,054	30,57	30,04	29,77	30,34	30,42	30,52	0,310	30,28 ± 0,620	19,42	19,19	19,30 ± 0,620	12,55	8,80	3,75	1535 ± 15,4	93,48	82,04	53,34	46,56	0,103	0,100	3,39	2,04	2,72 ± 0,67

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR ELÍPTICO			
Data:	21/09/2010		
Pressão Atmosférica	90,88 kPa		
Área do Duto	0,0484 m ²		
Velocidade exaustor:	Alta		
Potência vazio	119 W		
Fator Correção Vazão	0,8089		
Temperatura da câmara	30 °C		

RESULTADO	
COP Médio	3,82 ± 1,127
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	28,3%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Máquinas Hidráulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m \cdot \min(h_{1min} - h_{2max}) / Pot_{Liqmax}$
$COP_{max} = m \cdot \max(h_{1max} - h_{2min}) / Pot_{Liqmin}$
$m \cdot \max = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{rmax}; P)$
$m \cdot \min = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{rmin}; P)$
$h_{max} = (T_{Amax}; U_{rmax}; P)$
$h_{min} = (T_{Amin}; U_{rmin}; P)$

	Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador		Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance							
Canal	0		1		2		4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP			
Hora	UR1	± 5%	UR2	± 5%	Vm	± 2%	TAe1							σ	2σ	TAe2 [°C]		2σ	TFe1	TFe2		[W]	max	mín	max	mín	max	mín	max	mín	media
14:25:00	73,13	± 3,7	76,91	± 3,8	4,85	± 0,097	29,76	28,96	28,97	29,26	29,61	29,71	0,365	29,38 ± 0,729	19,41	19,20	19,31 ± 0,729	14,64	10,12	4,52	1719 ± 17,2	89,81	77,97	53,72	46,29	0,182	0,176	4,90	2,69	3,79 ± 1,10	
14:25:30	73,50	± 3,7	76,99	± 3,8	4,97	± 0,099	29,78	28,98	28,97	29,28	29,63	29,73	0,369	29,40 ± 0,739	19,43	19,18	19,31 ± 0,739	14,66	10,12	4,54	1718 ± 17,2	90,24	78,25	53,78	46,29	0,186	0,180	5,07	2,78	3,93 ± 1,14	
14:26:00	72,40	± 3,6	77,03	± 3,9	4,90	± 0,098	29,77	28,97	28,98	29,27	29,62	29,72	0,365	29,39 ± 0,729	19,42	19,19	19,31 ± 0,729	14,65	10,13	4,52	1717 ± 17,2	89,24	77,50	53,77	46,33	0,184	0,177	4,88	2,66	3,77 ± 1,11	
14:26:30	72,77	± 3,6	77,41	± 3,9	5,07	± 0,101	29,77	28,97	28,96	29,27	29,62	29,72	0,369	29,39 ± 0,739	19,42	19,19	19,31 ± 0,739	14,65	10,11	4,54	1721 ± 17,2	89,57	77,71	53,97	46,44	0,190	0,184	5,07	2,75	3,91 ± 1,16	
14:27:00	72,54	± 3,6	77,41	± 3,9	4,90	± 0,098	29,77	28,98	28,97	29,27	29,62	29,72	0,365	29,39 ± 0,729	19,42	19,19	19,31 ± 0,729	14,65	10,12	4,53	1716 ± 17,2	89,36	77,60	53,94	46,47	0,184	0,177	4,88	2,66	3,77 ± 1,11	
14:27:30	72,91	± 3,6	77,40	± 3,9	4,77	± 0,095	29,75	28,98	28,97	29,25	29,60	29,71	0,358	29,38 ± 0,715	19,41	19,19	19,30 ± 0,715	14,63	10,12	4,51	1717 ± 17,2	89,55	77,87	53,88	46,49	0,179	0,173	4,77	2,62	3,70 ± 1,07	
14:28:00	72,47	± 3,6	76,99	± 3,8	4,78	± 0,096	29,76	28,95	28,98	29,26	29,61	29,71	0,365	29,38 ± 0,730	19,41	19,20	19,31 ± 0,730	14,64	10,13	4,51	1718 ± 17,2	89,26	77,51	53,75	46,31	0,179	0,173	4,76	2,60	3,68 ± 1,08	
14:28:30	72,54	± 3,6	77,38	± 3,9	4,98	± 0,100	29,77	28,96	28,98	29,27	29,62	29,73	0,369	29,39 ± 0,738	19,43	19,21	19,32 ± 0,738	14,65	10,13	4,52	1718 ± 17,2	89,40	77,57	54,00	46,48	0,187	0,180	4,96	2,69	3,82 ± 1,14	
14:29:00	72,69	± 3,6	76,91	± 3,8	4,87	± 0,097	29,77	28,96	28,96	29,27	29,62	29,71	0,370	29,38 ± 0,739	19,41	19,21	19,31 ± 0,739	14,65	10,11	4,54	1719 ± 17,2	89,50	77,64	53,77	46,27	0,183	0,176	4,88	2,66	3,77 ± 1,11	
14:29:30	72,91	± 3,6	77,61	± 3,9	4,98	± 0,100	29,78	28,96	28,97	29,28	29,63	29,72	0,372	29,39 ± 0,744	19,42	19,21	19,32 ± 0,744	14,66	10,12	4,54	1719 ± 17,2	89,75	77,80	54,11	46,53	0,187	0,180	4,99	2,70	3,85 ± 1,15	
14:30:00	73,21	± 3,7	78,00	± 3,9	4,97	± 0,099	29,78	28,98	28,97	29,28	29,63	30,00	0,430	29,44 ± 0,860	19,70	19,20	19,45 ± 0,860	14,66	10,12	4,54	1720 ± 17,2	90,75	77,73	55,09	46,73	0,186	0,180	5,07	2,58	3,83 ± 1,25	
14:35:00	72,91	± 3,6	77,61	± 3,9	4,94	± 0,099	29,76	28,98	28,96	29,27	29,63	29,71	0,364	29,39 ± 0,729	19,41	19,18	19,30 ± 0,729	14,66	10,11	4,55	1721 ± 17,2	89,65	77,85	54,00	46,52	0,185	0,179	4,94	2,69	3,81 ± 1,12	
14:35:30	72,47	± 3,6	78,00	± 3,9	4,90	± 0,098	29,78	28,97	28,98	29,27	29,62	29,73	0,369	29,39 ± 0,737	19,43	19,20	19,32 ± 0,737	14,64	10,13	4,51	1722 ± 17,2	89,35	77,53	54,26	46,69	0,184	0,178	4,84	2,60	3,72 ± 1,12	
14:36:00	72,54	± 3,6	76,83	± 3,8	4,89	± 0,098	29,77	28,97	28,97	29,28	29,62	29,72	0,366	29,39 ± 0,733	19,42	19,19	19,31 ± 0,733	14,65	10,12	4,53	1724 ± 17,2	89,38	77,59	53,69	46,25	0,183	0,177	4,88	2,67	3,77 ± 1,11	
14:36:30	73,24	± 3,7	77,22	± 3,9	5,01	± 0,100	29,77	28,98	28,97	29,26	29,63	29,72	0,367	29,39 ± 0,733	19,42	19,19	19,31 ± 0,733	14,65	10,12	4,53	1717 ± 17,2	89,97	78,07	53,87	46,39	0,188	0,181	5,07	2,78	3,92 ± 1,15	
14:37:00	73,15	± 3,7	76,99	± 3,8	4,98	± 0,100	29,78	28,96	28,98	29,27	29,61	29,72	0,368	29,39 ± 0,736	19,42	19,19	19,31 ± 0,736	14,65	10,12	4,53	1720 ± 17,2	89,90	77,99	53,77	46,30	0,187	0,180	5,03	2,76	3,90 ± 1,14	
14:37:30	72,77	± 3,6	77,38	± 3,9	5,00	± 0,100	29,78	28,97	28,98	29,27	29,62	29,70	0,363	29,39 ± 0,727	19,40	19,18	19,29 ± 0,727	14,65	10,10	4,55	1718 ± 17,2	89,53	77,76	53,87	46,42	0,188	0,181	5,00	2,73	3,87 ± 1,13	
14:38:00	72,58	± 3,6	76,91	± 3,8	4,89	± 0,098	29,75	28,97	28,95	29,28	29,62	29,71	0,365	29,38 ± 0,730	19,41	19,18	19,30 ± 0,730	14,66	10,11	4,55	1718 ± 17,2	89,36	77,59	53,69	46,26	0,183	0,177	4,89	2,68	3,78 ± 1,11	
14:38:30	72,94	± 3,6	76,99	± 3,8	5,11	± 0,102	29,76	28,98	28,96	29,28	29,63	29,72	0,366	29,39 ± 0,731	19,42	19,20	19,31 ± 0,731	14,67	10,12	4,55	1718 ± 17,2	89,71	77,87	53,78	46,32	0,192	0,185	5,15	2,82	3,98 ± 1,16	
14:39:00	72,94	± 3,6	77,14	± 3,9	5,00	± 0,100	29,76	28,97	28,96	29,26	29,62	29,72	0,368	29,38 ± 0,736	19,42	19,18	19,30 ± 0,736	14,67	10,12	4,55	1717 ± 17,2	89,70	77,83	53,83	46,34	0,188	0,181	5,03	2,75	3,89 ± 1,14	
14:39:30	72,93	± 3,6	77,38	± 3,9	5,11	± 0,102	29,76	28,97	28,96	29,27	29,62	29,73	0,369	29,39 ± 0,738	19,43	19,19	19,31 ± 0,738	14,67	10,13	4,54	1719 ± 17,2	89,72	77,82	53,97	46,45	0,192	0,185	5,13	2,79	3,96 ± 1,17	
14:40:00	72,54	± 3,6	77,69	± 3,9	4,96	± 0,099	29,78	28,98	28,98	29,27	29,63	29,73	0,367	29,39 ± 0,734	19,43	19,47	19,45 ± 0,734	14,66	10,13	4,54	1721 ± 17,2	89,40	77,60	54,54	46,96	0,186	0,180	4,88	2,62	3,75 ± 1,13	
14:45:00	72,47	± 3,6	77,38	± 3,9	4,99	± 0,100	29,78	28,96	28,98	29,28	29,62	29,73	0,370	29,39 ± 0,741	19,43	19,18	19,31 ± 0,741	14,64	10,13	4,51	1717 ± 17,2	89,37	77,52	53,96	46,43	0,187	0,181	4,98	2,69	3,84 ± 1,14	
14:45:30	72,54	± 3,6	76,91	± 3,8	5,01	± 0,100	29,77	28,98	28,96	29,26	29,62	29,72	0,368	29,39 ± 0,735	19,42	19,20	19,31 ± 0,735	14,66	10,11	4,55	1721 ± 17,2	89,37	77,57	53,75	46,28	0,188	0,181	5,00	2,73	3,86 ± 1,14	
14:46:00	72,58	± 3,6	76,99	± 3,8	4,77	± 0,095	29,77	28,97	28,97	29,27	29,63	29,72	0,368	29,39 ± 0,737	19,42	19,19	19,31 ± 0,737	14,65	10,12	4,53	1718 ± 17,2	89,43	77,60	53,78	46,30	0,179	0,173	4,78	2,60	3,69 ± 1,09	
14:46:30	72,94	± 3,6	77,73	± 3,9	4,83	± 0,097	29,78	28,97	28,97	29,27	29,61	29,73	0,370	29,39 ± 0,739	19,43	19,19	19,31 ± 0,739	14,65	10,12	4,53	1719 ± 17,2	89,74	77,84	54,13	46,57	0,181	0,175	4,84	2,62	3,73 ± 1,11	
14:47:00	72,94	± 3,6	77,63	± 3,9	4,82	± 0,096	29,76	28,97	28,97	29,27	29,62	29,71	0,363	29,38 ± 0,726	19,41	19,19	19,30 ± 0,726	14,65	10,12	4,53	1719 ± 17,2	89,66	77,87	54,02	46,55	0,181	0,175	4,82	2,63	3,73 ± 1,09	
14:47:30	72,93	± 3,6	77,22	± 3,9	4,90	± 0,098	29,77	28,95	28,97	29,27	29,62	29,72	0,372	29,38 ± 0,743	19,42	19,17	19,30 ± 0,743	14,64	10,12	4,52	1719 ± 17,2	89,73	77,80	53,87	46,33	0,184	0,177	4,93	2,68	3,81 ± 1,12	
14:48:00	72,54	± 3,6	77,03	± 3,9	4,91	± 0,098	29,77	28,96	28,98	29,28	29,63	29,72	0,368	29,39 ± 0,735	19,42	19,18	19,30 ± 0,735	14,64	10,13	4,51	1721 ± 17,2	89,40	77,58	53,77	46,30	0,184	0,178	4,90	2,67	3,79 ± 1,12	
14:48:30	72,91	± 3,6	77,41	± 3,9	4,87	± 0,097	29,78	28,97	28,99	29,29	29,63	29,73	0,366	29,40 ± 0,733	19,43	19,19	19,31 ± 0,733	14,66	10,14	4,52	1721 ± 17,2	89,73	77,88	53,97	46,47	0,183	0,176	4,88	2,66	3,77 ± 1,11	
14:49:00	72,47	± 3,6	77,41	± 3,9	4,95	± 0,099	29,77	28,97	28,99	29,29	29,61	29,72	0,360	29,39 ± 0,720	19,42	19,19	19,31 ± 0,720	14,64	10,14	4,50	1720 ± 17,2	89,27	77,60	53,91	46,49	0,186	0,179	4,91	2,68	3,80 ± 1,11	
14:49:30	73,13	± 3,7	77,40	± 3,9	4,98	± 0,100	29,77	28,98	28,99	29,29	29,62	29,72	0,359	29,40 ± 0,718	19,42	19,20	19,31 ± 0,718	14,65	10,14	4,51	1720 ± 17,2	89,84	78,08	53,92	46,51	0,187	0,180	5,00	2,75	3,88 ± 1,13	
14:50:00	73,50	± 3,7	76																												

15:05:00	72,77 ± 3,6	77,22 ± 3,9	5,01 ± 0,100	29,76	28,98	28,96	29,28	29,61	29,71	0,361	29,38 ± 0,723	19,41	19,19	19,30 ± 0,723	14,66	10,11	4,55	1717 ± 17,2	89,49	77,76	53,82	46,41	0,188	0,181	5,01	2,75	3,88 ± 1,13
15:05:30	72,58 ± 3,6	77,03 ± 3,9	4,99 ± 0,100	29,78	28,96	28,98	29,27	29,63	29,73	0,372	29,39 ± 0,744	19,43	19,19	19,31 ± 0,744	14,65	10,13	4,52	1718 ± 17,2	89,48	77,58	53,83	46,30	0,187	0,181	5,00	2,71	3,86 ± 1,14
15:06:00	72,94 ± 3,6	77,41 ± 3,9	4,98 ± 0,100	29,77	28,97	28,97	29,27	29,62	29,72	0,367	29,39 ± 0,734	19,42	19,20	19,31 ± 0,734	14,65	10,12	4,53	1719 ± 17,2	89,71	77,85	53,97	46,47	0,187	0,180	5,00	2,72	3,86 ± 1,14
15:06:30	73,02 ± 3,7	77,63 ± 3,9	5,04 ± 0,101	29,77	28,97	28,97	29,28	29,62	29,72	0,366	29,39 ± 0,733	19,42	19,18	19,30 ± 0,733	14,66	10,12	4,54	1720 ± 17,2	89,78	77,92	54,04	46,53	0,189	0,183	5,05	2,75	3,90 ± 1,15
15:07:00	73,24 ± 3,7	77,22 ± 3,9	4,96 ± 0,099	29,77	28,97	28,97	29,26	29,62	29,72	0,368	29,39 ± 0,735	19,42	19,19	19,31 ± 0,735	14,64	10,12	4,52	1721 ± 17,2	89,96	78,05	53,88	46,38	0,186	0,180	5,01	2,74	3,87 ± 1,13
15:07:30	73,15 ± 3,7	77,42 ± 3,9	5,01 ± 0,100	29,76	28,97	28,95	29,27	29,61	29,70	0,365	29,38 ± 0,729	19,40	19,19	19,30 ± 0,729	14,65	10,10	4,55	1718 ± 17,2	89,82	77,98	53,92	46,45	0,188	0,181	5,04	2,76	3,90 ± 1,14
15:08:00	72,77 ± 3,6	77,73 ± 3,9	4,77 ± 0,095	29,76	28,98	28,96	29,27	29,61	29,71	0,362	29,38 ± 0,724	19,41	19,20	19,31 ± 0,724	14,65	10,11	4,54	1717 ± 17,2	89,49	77,75	54,07	46,60	0,179	0,173	4,75	2,59	3,67 ± 1,08
15:08:30	72,54 ± 3,6	77,63 ± 3,9	4,83 ± 0,097	29,78	28,99	28,97	29,28	29,63	29,72	0,365	29,40 ± 0,730	19,42	19,20	19,31 ± 0,730	14,66	10,12	4,54	1717 ± 17,2	89,40	77,62	54,06	46,56	0,181	0,175	4,81	2,61	3,71 ± 1,10
15:09:00	73,15 ± 3,7	77,22 ± 3,9	4,82 ± 0,096	29,76	28,99	28,97	29,27	29,61	29,72	0,359	29,39 ± 0,718	19,42	19,18	19,30 ± 0,718	14,65	10,12	4,53	1718 ± 17,2	89,82	78,06	53,81	46,42	0,181	0,175	4,86	2,68	3,77 ± 1,09
15:09:30	72,77 ± 3,6	76,99 ± 3,8	4,90 ± 0,098	29,77	28,99	28,98	29,27	29,62	29,73	0,362	29,39 ± 0,724	19,43	19,19	19,31 ± 0,724	14,65	10,13	4,52	1718 ± 17,2	89,55	77,80	53,75	46,34	0,184	0,177	4,91	2,70	3,81 ± 1,11
15:10:00	72,54 ± 3,6	77,73 ± 3,9	4,96 ± 0,099	30,05	28,98	28,98	29,28	29,90	29,73	0,470	29,49 ± 0,941	19,43	19,19	19,31 ± 0,941	14,66	10,13	4,54	1717 ± 17,2	90,78	77,15	54,76	46,00	0,186	0,180	5,15	2,55	3,85 ± 1,30
15:15:00	72,77 ± 3,6	77,73 ± 3,9	5,00 ± 0,100	29,78	28,96	28,98	29,26	29,61	29,73	0,370	29,39 ± 0,741	19,43	19,18	19,31 ± 0,741	14,65	10,13	4,52	1717 ± 17,2	89,59	77,70	54,12	46,55	0,188	0,181	5,00	2,70	3,85 ± 1,15
15:15:30	72,58 ± 3,6	77,63 ± 3,9	4,98 ± 0,100	29,76	28,98	28,97	29,28	29,63	29,71	0,362	29,39 ± 0,723	19,41	19,20	19,31 ± 0,723	14,65	10,11	4,54	1718 ± 17,2	89,36	77,65	54,02	46,57	0,187	0,180	4,95	2,69	3,82 ± 1,13
15:16:00	72,94 ± 3,6	77,22 ± 3,9	5,01 ± 0,100	29,77	28,97	28,97	29,27	29,62	29,72	0,367	29,39 ± 0,734	19,42	19,19	19,31 ± 0,734	14,66	10,12	4,54	1721 ± 17,2	89,71	77,85	53,87	46,39	0,188	0,181	5,03	2,75	3,89 ± 1,14
15:16:30	73,15 ± 3,7	76,99 ± 3,8	4,77 ± 0,095	29,77	28,97	28,98	29,27	29,62	29,72	0,365	29,39 ± 0,729	19,42	19,19	19,31 ± 0,729	14,64	10,12	4,52	1721 ± 17,2	89,88	78,02	53,75	46,31	0,179	0,173	4,81	2,65	3,73 ± 1,08
15:17:00	72,77 ± 3,6	77,38 ± 3,9	4,83 ± 0,097	29,77	28,97	28,96	29,27	29,62	29,72	0,369	29,39 ± 0,739	19,42	19,19	19,31 ± 0,739	14,65	10,12	4,53	1721 ± 17,2	89,57	77,71	53,96	46,43	0,181	0,175	4,83	2,62	3,72 ± 1,10
15:17:30	72,96 ± 3,6	76,91 ± 3,8	4,89 ± 0,098	29,77	28,96	28,97	29,26	29,60	29,72	0,367	29,38 ± 0,735	19,42	19,17	19,30 ± 0,735	14,65	10,12	4,53	1720 ± 17,2	89,70	77,83	53,70	46,24	0,183	0,177	4,93	2,70	3,81 ± 1,11
15:18:00	73,24 ± 3,7	77,61 ± 3,9	5,01 ± 0,100	29,78	28,96	28,97	29,26	29,61	29,73	0,373	29,39 ± 0,745	19,43	19,18	19,31 ± 0,745	14,66	10,13	4,53	1720 ± 17,2	90,01	78,01	54,08	46,50	0,188	0,181	5,05	2,74	3,90 ± 1,16
15:18:30	73,15 ± 3,7	77,22 ± 3,9	4,98 ± 0,100	29,79	28,98	28,98	29,28	29,62	29,74	0,370	29,40 ± 0,739	19,44	19,19	19,32 ± 0,739	14,66	10,14	4,52	1720 ± 17,2	89,97	78,02	53,92	46,40	0,187	0,180	5,03	2,75	3,89 ± 1,14
15:19:00	72,77 ± 3,6	77,03 ± 3,9	5,00 ± 0,100	29,79	28,96	28,97	29,26	29,62	29,74	0,378	29,39 ± 0,756	19,44	19,19	19,32 ± 0,756	14,64	10,14	4,50	1719 ± 17,2	89,68	77,66	53,89	46,28	0,188	0,181	5,03	2,72	3,88 ± 1,16
15:19:30	72,54 ± 3,6	77,38 ± 3,9	4,89 ± 0,098	29,79	28,97	28,97	29,27	29,63	29,74	0,376	29,40 ± 0,752	19,44	19,20	19,32 ± 0,752	14,65	10,14	4,51	1719 ± 17,2	89,50	77,54	54,05	46,44	0,183	0,177	4,88	2,63	3,76 ± 1,13
15:20:00	73,24 ± 3,7	77,38 ± 3,9	5,11 ± 0,102	29,78	29,25	28,98	29,55	29,63	29,73	0,310	29,49 ± 0,620	19,43	19,20	19,31 ± 0,620	14,65	10,13	4,52	1718 ± 17,2	89,90	78,91	53,61	46,78	0,192	0,185	5,12	2,96	4,04 ± 1,08

16:50:00	72,42 ± 3,6	76,35 ± 3,8	2,66 ± 0,053	40,32	39,54	39,52	39,84	40,17	40,27	0,361	39,94 ± 0,723	27,82	27,60	27,71 ± 0,723	14,76	11,42	3,34	1737 ± 17,4	150,40	130,07	84,84	73,59	0,106	0,102	4,97	2,88	3,93 ± 1,04
16:50:30	72,24 ± 3,6	76,16 ± 3,8	2,64 ± 0,053	40,34	39,52	39,54	39,83	40,19	40,29	0,372	39,95 ± 0,744	27,84	27,60	27,72 ± 0,744	14,75	11,44	3,31	1738 ± 17,4	150,33	129,75	84,83	73,42	0,105	0,101	4,93	2,84	3,89 ± 1,05
16:51:00	72,59 ± 3,6	76,53 ± 3,8	2,63 ± 0,053	40,33	39,53	39,53	39,83	40,18	40,28	0,367	39,95 ± 0,734	27,83	27,61	27,72 ± 0,734	14,75	11,43	3,32	1739 ± 17,4	150,80	130,26	85,08	73,70	0,105	0,101	4,92	2,85	3,88 ± 1,04
16:51:30	72,67 ± 3,6	76,76 ± 3,8	2,69 ± 0,054	40,33	39,53	39,53	39,84	40,18	40,28	0,366	39,95 ± 0,733	27,83	27,59	27,71 ± 0,733	14,76	11,43	3,33	1740 ± 17,4	150,93	130,38	85,20	73,80	0,107	0,103	5,04	2,91	3,97 ± 1,06
16:52:00	72,89 ± 3,6	76,35 ± 3,8	2,61 ± 0,052	40,33	39,53	39,53	39,82	40,18	40,28	0,368	39,95 ± 0,735	27,83	27,60	27,72 ± 0,735	14,74	11,43	3,31	1741 ± 17,4	151,28	130,63	84,92	73,56	0,104	0,100	4,92	2,85	3,89 ± 1,03
16:52:30	72,81 ± 3,6	76,55 ± 3,8	2,66 ± 0,053	40,32	39,53	39,51	39,83	40,17	40,26	0,365	39,94 ± 0,729	27,81	27,60	27,71 ± 0,729	14,75	11,41	3,34	1738 ± 17,4	151,03	130,50	85,00	73,67	0,106	0,102	5,00	2,90	3,95 ± 1,05
16:53:00	72,42 ± 3,6	76,85 ± 3,8	2,42 ± 0,048	40,32	39,54	39,52	39,83	40,17	40,27	0,362	39,94 ± 0,724	27,82	27,61	27,72 ± 0,724	14,75	11,42	3,33	1737 ± 17,4	150,40	130,06	85,25	73,92	0,096	0,093	4,50	2,60	3,55 ± 0,95
16:53:30	72,20 ± 3,6	76,76 ± 3,8	2,48 ± 0,050	40,34	39,55	39,53	39,84	40,19	40,28	0,365	39,96 ± 0,730	27,83	27,61	27,72 ± 0,730	14,76	11,43	3,33	1737 ± 17,4	150,19	129,81	85,23	73,85	0,099	0,095	4,60	2,65	3,63 ± 0,98
16:54:00	72,81 ± 3,6	76,35 ± 3,8	2,47 ± 0,049	40,32	39,55	39,53	39,83	40,17	40,28	0,359	39,95 ± 0,718	27,83	27,59	27,71 ± 0,718	14,75	11,43	3,32	1738 ± 17,4	151,02	130,63	84,82	73,60	0,098	0,095	4,65	2,71	3,68 ± 0,97
16:54:30	72,42 ± 3,6	76,12 ± 3,8	2,55 ± 0,051	40,33	39,55	39,54	39,83	40,18	40,29	0,362	39,95 ± 0,724	27,84	27,60	27,72 ± 0,724	14,75	11,44	3,31	1738 ± 17,4	150,49	130,13	84,72	73,48	0,101	0,098	4,77	2,77	3,77 ± 1,00
16:55:00	72,20 ± 3,6	76,85 ± 3,8	2,61 ± 0,052	40,61	39,54	39,54	39,84	40,46	40,29	0,470	40,05 ± 0,941	27,84	27,60	27,72 ± 0,941	14,76	11,44	3,33	1737 ± 17,4	152,39	129,07	86,22	73,08	0,104	0,100	5,03	2,68	3,86 ± 1,17
17:00:00	72,42 ± 3,6	76,85 ± 3,8	2,65 ± 0,053	40,34	39,52	39,54	39,82	40,17	40,29	0,370	39,95 ± 0,741	27,84	27,59	27,72 ± 0,741	14,75	11,44	3,31	1737 ± 17,4	150,56	129,98	85,33	73,85	0,105	0,102	4,94	2,84	3,89 ± 1,05
17:00:30	72,24 ± 3,6	76,76 ± 3,8	2,63 ± 0,053	40,32	39,54	39,53	39,84	40,19	40,27	0,362	39,95 ± 0,723	27,82	27,61	27,72 ± 0,723	14,75	11,42	3,33	1738 ± 17,4	150,15	129,86	85,18	73,86	0,105	0,101	4,88	2,82	3,85 ± 1,03
17:01:00	72,59 ± 3,6	76,35 ± 3,8	2,66 ± 0,053	40,33	39,53	39,53	39,83	40,18	40,28	0,367	39,95 ± 0,734	27,83	27,60	27,72 ± 0,734	14,76	11,43	3,33	1741 ± 17,4	150,80	130,26	84,91	73,56	0,106	0,102	4,98	2,88	3,93 ± 1,05
17:01:30	72,81 ± 3,6	76,12 ± 3,8	2,42 ± 0,048	40,33	39,53	39,54	39,83	40,18	40,28	0,365	39,95 ± 0,729	27,83	27,60	27,72 ± 0,729	14,74	11,43	3,31	1741 ± 17,4	151,12	130,58	84,72	73,44	0,096	0,093	4,56	2,65	3,61 ± 0,95
17:02:00	72,42 ± 3,6	76,50 ± 3,8	2,48 ± 0,050	40,33	39,53	39,52	39,83	40,18	40,28	0,369	39,95 ± 0,739	27,83	27,60	27,72 ± 0,739	14,75	11,43	3,32	1741 ± 17,4	150,53	129,99	85,05	73,64	0,099	0,095	4,62	2,66	3,64 ± 0,98
17:02:30	72,61 ± 3,6	76,04 ± 3,8	2,54 ± 0,051	40,33	39,52	39,53	39,82	40,16	40,28	0,367	39,94 ± 0,735	27,83	27,58	27,71 ± 0,735	14,75	11,43	3,32	1740 ± 17,4	150,78	130,23	84,64	73,33	0,101	0,097	4,77	2,77	3,77 ± 1,00
17:03:00	72,89 ± 3,6	76,73 ± 3,8	2,66 ± 0,053	40,34	39,52	39,53	39,82	40,17	40,29	0,373	39,95 ± 0,745	27,84	27,59	27,72 ± 0,745	14,76	11,44	3,32	1740 ± 17,4	151,35	130,57	85,26	73,76	0,106	0,102	5,01	2,88	3,95 ± 1,06
17:03:30	72,81 ± 3,6	76,35 ± 3,8	2,63 ± 0,053	40,35	39,54	39,54	39,84	40,18	40,30	0,370	39,96 ± 0,739	27,85	27,60	27,73 ± 0,739	14,76	11,45	3,31	1740 ± 17,4	151,26	130,58	84,98	73,58	0,105	0,101	4,96	2,87	3,91 ± 1,04
17:04:00	72,42 ± 3,6	76,16 ± 3,8	2,65 ± 0,053	40,35	39,52	39,53	39,82	40,18	40,30	0,378	39,95 ± 0,756	27,85	27,60	27,73 ± 0,756	14,74	11,45	3,29	1739 ± 17,4	150,69	129,91	84,91	73,40	0,105	0,102	4,97	2,86	3,91 ± 1,06
17:04:30	72,20 ± 3,6	76,50 ± 3,8	2,54 ± 0,051	40,35	39,53	39,53	39,83	40,19	40,30	0,376	39,96 ± 0,752	27,85	27,61	27,73 ± 0,752	14,75	11,45	3,30	1739 ± 17,4	150,35	129,67	85,18	73,65	0,101	0,097	4,73	2,71	3,72 ± 1,01
17:05:00	72,89 ± 3,6	76,50 ± 3,8	2,76 ± 0,055	40,34	39,81	39,54	40,11	40,19	40,29	0,310	40,05 ± 0,620	27,84	27,61	27,72 ± 0,620	14,75	11,44	3,31	1738 ± 17,4	151,18	131,99	84,56	74,13	0,110	0,106	5,17	3,13	4,15 ± 1,02

135

19:05:00	72,12 ± 3,6	76,87 ± 3,8	4,56 ± 0,091	39,87	39,09	39,07	39,39	39,72	39,82	0,361	39,49 ± 0,723	26,07	25,85	25,96 ± 0,723	18,29	14,12	4,17	2017 ± 20,2	146,69	126,93	77,73	67,39	0,175	0,169	7,22	4,42	5,82 ± 1,40
19:05:30	71,94 ± 3,6	76,68 ± 3,8	4,54 ± 0,091	39,89	39,07	39,09	39,38	39,74	39,84	0,372	39,50 ± 0,744	26,09	25,85	25,97 ± 0,744	18,28	14,14	4,14	2018 ± 20,2	146,62	126,61	77,73	67,23	0,174	0,168	7,19	4,37	5,78 ± 1,41
19:06:00	72,30 ± 3,6	77,06 ± 3,9	4,53 ± 0,091	39,88	39,08	39,08	39,38	39,73	39,83	0,367	39,50 ± 0,734	26,08	25,86	25,97 ± 0,734	18,28	14,13	4,15	2019 ± 20,2	147,07	127,10	77,95	67,49	0,174	0,168	7,19	4,38	5,79 ± 1,41
19:06:30	72,38 ± 3,6	77,29 ± 3,9	4,59 ± 0,092	39,88	39,08	39,08	39,39	39,73	39,83	0,366	39,50 ± 0,733	26,08	25,84	25,96 ± 0,733	18,29	14,13	4,16	2020 ± 20,2	147,20	127,22	78,06	67,58	0,176	0,170	7,29	4,44	5,86 ± 1,43
19:07:00	72,60 ± 3,6	76,87 ± 3,8	4,51 ± 0,090	39,88	39,08	39,08	39,37	39,73	39,83	0,368	39,50 ± 0,735	26,08	25,85	25,97 ± 0,735	18,27	14,13	4,14	2021 ± 20,2	147,54	127,47	77,81	67,36	0,173	0,167	7,21	4,40	5,80 ± 1,40
19:07:30	72,51 ± 3,6	77,08 ± 3,9	4,56 ± 0,091	39,87	39,08	39,06	39,38	39,72	39,81	0,365	39,49 ± 0,729	26,06	25,85	25,96 ± 0,729	18,28	14,11	4,17	2018 ± 20,2	147,30	127,34	77,88	67,46	0,175	0,169	7,27	4,44	5,85 ± 1,41
19:08:00	72,12 ± 3,6	77,38 ± 3,9	4,32 ± 0,086	39,87	39,09	39,07	39,38	39,72	39,82	0,362	39,49 ± 0,724	26,07	25,86	25,97 ± 0,724	18,28	14,12	4,16	2017 ± 20,2	146,69	126,91	78,10	67,68	0,166	0,160	6,82	4,15	5,49 ± 1,33
19:08:30	71,90 ± 3,6	77,29 ± 3,9	4,38 ± 0,088	39,89	39,10	39,08	39,39	39,74	39,83	0,365	39,51 ± 0,730	26,08	25,86	25,97 ± 0,730	18,29	14,13	4,16	2017 ± 20,2	146,49	126,67	78,09	67,62	0,168	0,162	6,90	4,19	5,55 ± 1,35
19:09:00	72,51 ± 3,6	76,87 ± 3,8	4,37 ± 0,087	39,87	39,10	39,08	39,38	39,72	39,83	0,359	39,50 ± 0,718	26,08	25,84	25,96 ± 0,718	18,28	14,13	4,15	2018 ± 20,2	147,29	127,47	77,71	67,40	0,167	0,162	6,97	4,28	5,62 ± 1,35
19:09:30	72,12 ± 3,6	76,64 ± 3,8	4,45 ± 0,089	39,88	39,10	39,09	39,38	39,73	39,84	0,362	39,50 ± 0,724	26,09	25,85	25,97 ± 0,724	18,28	14,14	4,14	2018 ± 20,2	146,77	126,98	77,62	67,29	0,171	0,165	7,06	4,32	5,69 ± 1,37
19:10:00	71,90 ± 3,6	77,38 ± 3,9	4,51 ± 0,090	40,16	39,09	39,09	39,39	40,01	39,84	0,470	39,60 ± 0,941	26,09	25,85	25,97 ± 0,941	18,29	14,14	4,16	2017 ± 20,2	148,63	125,94	79,01	66,90	0,173	0,167	7,36	4,17	5,77 ± 1,59
19:15:00	72,12 ± 3,6	77,38 ± 3,9	4,55 ± 0,091	39,89	39,07	39,09	39,37	39,72	39,84	0,370	39,50 ± 0,741	26,09	25,84	25,97 ± 0,741	18,28	14,14	4,14	2017 ± 20,2	146,84	126,84	78,17	67,62	0,174	0,168	7,20	4,36	5,78 ± 1,42
19:15:30	71,94 ± 3,6	77,29 ± 3,9	4,53 ± 0,091	39,87	39,09	39,08	39,39	39,74	39,82	0,362	39,50 ± 0,723	26,07	25,86	25,97 ± 0,723	18,28	14,12	4,16	2018 ± 20,2	146,44	126,72	78,04	67,63	0,174	0,168	7,13	4,34	5,74 ± 1,39
19:16:00	72,30 ± 3,6	76,87 ± 3,8	4,56 ± 0,091	39,88	39,08	39,08	39,38	39,73	39,83	0,367	39,50 ± 0,734	26,08	25,85	25,97 ± 0,734	18,29	14,13	4,16	2021 ± 20,2	147,07	127,10	77,80	67,36	0,175	0,169	7,25	4,42	5,83 ± 1,41
19:16:30	72,51 ± 3,6	76,64 ± 3,8	4,32 ± 0,086	39,88	39,08	39,09	39,38	39,73	39,83	0,365	39,50 ± 0,729	26,08	25,85	25,97 ± 0,729	18,27	14,13	4,14	2021 ± 20,2	147,38	127,41	77,62	67,25	0,166	0,160	6,90	4,23	5,56 ± 1,34
19:17:00	72,12 ± 3,6	77,03 ± 3,9	4,38 ± 0,088	39,88	39,08	39,07	39,38	39,73	39,83	0,369	39,50 ± 0,739	26,08	25,85	25,97 ± 0,739	18,28	14,13	4,15	2021 ± 20,2	146,82	126,84	77,93	67,43	0,168	0,162	6,93	4,21	5,57 ± 1,36
19:17:30	72,31 ± 3,6	76,56 ± 3,8	4,44 ± 0,089	39,88	39,07	39,08	39,37	39,71	39,83	0,367	39,49 ± 0,735	26,08	25,83	25,96 ± 0,735	18,28	14,13	4,15	2020 ± 20,2	147,05	127,08	77,55	67,15	0,170	0,164	7,07	4,32	5,70 ± 1,38
19:18:00	72,60 ± 3,6	77,26 ± 3,9	4,56 ± 0,091	39,89	39,07	39,08	39,37	39,72	39,84	0,373	39,50 ± 0,745	26,09	25,84	25,97 ± 0,745	18,29	14,14	4,15	2020 ± 20,2	147,61	127,41	78,11	67,54	0,175	0,169	7,28	4,42	5,85 ± 1,43
19:18:30	72,51 ± 3,6	76,87 ± 3,8	4,53 ± 0,091	39,90	39,09	39,09	39,39	39,73	39,85	0,370	39,51 ± 0,739	26,10	25,85	25,98 ± 0,739	18,29	14,15	4,14	2020 ± 20,2	147,53	127,41	77,86	67,38	0,174	0,168	7,24	4,41	5,83 ± 1,41
19:19:00	72,12 ± 3,6	76,68 ± 3,8	4,55 ± 0,091	39,90	39,07	39,08	39,37	39,73	39,85	0,378	39,50 ± 0,756	26,10	25,85	25,98 ± 0,756	18,27	14,15	4,12	2019 ± 20,2	146,97	126,77	77,80	67,21	0,174	0,168	7,24	4,38	5,81 ± 1,43
19:19:30	71,90 ± 3,6	77,03 ± 3,9	4,44 ± 0,089	39,90	39,08	39,08	39,38	39,74	39,85	0,376	39,51 ± 0,752	26,10	25,86	25,98 ± 0,752	18,28	14,15	4,13	2019 ± 20,2	146,64	126,54	78,04	67,44	0,170	0,164	7,02	4,24	5,63 ± 1,39
19:20:00	72,60 ± 3,6	77,03 ± 3,9	4,66 ± 0,093	39,89	39,36	39,09	39,66	39,74	39,84	0,310	39,60 ± 0,620	26,09	25,86	25,97 ± 0,620	18,28	14,14	4,14	2018 ± 20,2	147,44	128,79	77,47	67,89	0,179	0,172	7,41	4,71	6,06 ± 1,35

ANEXO 6**Resultados experimentais****TROCADOR DE CALOR PROTÓTIPO CIRCULAR**

**Realização: 04/03/2011 das 18:35 as 21:00
05/03/2011 das 08:16 as 10:58
12/03/2011 das 07:45 as 09:59**

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CIRCULAR PROTÓTIPO			
Data:	04/03/2011		
Pressão Atmosférica	90,88 kPa		
Área do Duto	0,0484 m²		
Velocidade exaustor:	média		
Potência vazio	108 W		
Fator Correção Vazão	0,8229		
Temperatura da câmara	20 °C		

RESULTADO	
COP-Médio	1,59 ± 0,432
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	50%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Máquinas Hidráulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m'_{min} \cdot (h_{1min} - h_{2max}) / Pot_{Uqmax}$
$COP_{max} = m'_{max} \cdot (h_{1max} - h_{2min}) / Pot_{Uqmin}$
$m'_{max} = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{rmax}; P)$
$m'_{min} = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{rmin}; P)$
$h_{max} = (T_{Aemax}; U_{Rmax}; P)$
$h_{min} = (T_{Aemin}; U_{Rmin}; P)$

		Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total		Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance				
Canal		0		1		2		4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP		
Hora		UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	Vm ± 2%							σ	2σ	TAe2 [°C]	TAe2 [°C]	2σ	TFe1	TFe2	[W]		max	min	max	min	max	min	max	min	media	
18:35:00		64,79 ± 3,2	68,15 ± 3,4	2,59 ± 0,052		21,14	20,34	20,35	20,64	20,99	21,09		0,365	20,76 ± 0,729	10,92	11,35	11,14 ± 0,729	10,57	6,87	3,70	1439 ± 14,4	52,52	45,60	29,30	24,68	0,095	0,092	1,97	1,14	1,55 ± 0,42	
18:35:30		65,12 ± 3,3	68,22 ± 3,4	2,71 ± 0,054		21,16	20,36	20,35	20,66	21,01	21,11		0,369	20,78 ± 0,739	10,94	11,33	11,14 ± 0,739	10,59	6,87	3,72	1438 ± 14,4	52,76	45,75	29,34	24,68	0,100	0,096	2,08	1,20	1,64 ± 0,44	
18:36:00		64,14 ± 3,2	68,26 ± 3,4	2,64 ± 0,053		21,15	20,35	20,36	20,65	21,00	21,10		0,365	20,77 ± 0,729	10,93	11,34	11,14 ± 0,729	10,58	6,88	3,70	1437 ± 14,4	52,23	45,36	29,33	24,71	0,097	0,094	1,99	1,14	1,57 ± 0,42	
18:36:30		64,47 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,81 ± 0,056		21,15	20,35	20,34	20,65	21,00	21,10		0,369	20,77 ± 0,739	10,93	11,34	11,14 ± 0,739	10,58	6,86	3,72	1441 ± 14,4	52,41	45,46	29,43	24,76	0,103	0,100	2,12	1,21	1,67 ± 0,45	
18:37:00		64,27 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,64 ± 0,053		21,15	20,36	20,35	20,65	21,00	21,10		0,365	20,77 ± 0,729	10,93	11,34	11,14 ± 0,729	10,58	6,87	3,71	1436 ± 14,4	52,30	45,41	29,41	24,78	0,097	0,094	1,99	1,14	1,57 ± 0,42	
18:37:30		64,60 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,51 ± 0,050		21,13	20,36	20,35	20,63	20,98	21,09		0,358	20,76 ± 0,715	10,92	11,34	11,13 ± 0,715	10,56	6,87	3,69	1437 ± 14,4	52,38	45,55	29,37	24,79	0,092	0,089	1,89	1,10	1,50 ± 0,40	
18:38:00		64,21 ± 3,2	68,22 ± 3,4	2,52 ± 0,050		21,14	20,33	20,36	20,64	20,99	21,09		0,365	20,76 ± 0,730	10,92	11,35	11,14 ± 0,730	10,57	6,88	3,69	1438 ± 14,4	52,24	45,36	29,32	24,70	0,093	0,089	1,90	1,09	1,49 ± 0,40	
18:38:30		64,27 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,72 ± 0,054		21,15	20,34	20,36	20,65	21,00	21,11		0,369	20,77 ± 0,738	10,94	11,36	11,15 ± 0,738	10,58	6,88	3,70	1438 ± 14,4	52,32	45,39	29,46	24,78	0,100	0,097	2,05	1,17	1,61 ± 0,44	
18:39:00		64,40 ± 3,2	68,15 ± 3,4	2,61 ± 0,052		21,15	20,34	20,34	20,65	21,00	21,09		0,370	20,76 ± 0,739	10,92	11,36	11,14 ± 0,739	10,58	6,86	3,72	1439 ± 14,4	52,37	45,42	29,33	24,67	0,096	0,093	1,97	1,13	1,55 ± 0,42	
18:39:30		64,60 ± 3,2	68,77 ± 3,4	2,72 ± 0,054		21,16	20,34	20,35	20,66	21,01	21,10		0,372	20,77 ± 0,744	10,93	11,36	11,15 ± 0,744	10,59	6,87	3,72	1439 ± 14,4	52,50	45,51	29,51	24,81	0,100	0,097	2,06	1,17	1,62 ± 0,44	
18:40:00		64,86 ± 3,2	69,12 ± 3,5	2,71 ± 0,054		21,16	20,36	20,35	20,66	21,01	21,38		0,430	20,82 ± 0,860	11,21	11,35	11,28 ± 0,860	10,59	6,87	3,72	1440 ± 14,4	53,11	45,43	30,16	24,92	0,100	0,096	2,09	1,12	1,60 ± 0,48	
18:45:00		64,60 ± 3,2	68,77 ± 3,4	2,68 ± 0,054		21,14	20,36	20,34	20,65	21,01	21,09		0,364	20,77 ± 0,729	10,92	11,33	11,13 ± 0,729	10,59	6,86	3,73	1441 ± 14,4	52,45	45,54	29,44	24,80	0,098	0,095	2,02	1,16	1,59 ± 0,43	
18:45:30		64,21 ± 3,2	69,12 ± 3,5	2,64 ± 0,053		21,16	20,35	20,36	20,65	21,00	21,11		0,369	20,77 ± 0,737	10,94	11,35	11,15 ± 0,737	10,57	6,88	3,69	1442 ± 14,4	52,30	45,38	29,59	24,89	0,097	0,094	1,97	1,12	1,55 ± 0,43	
18:46:00		64,27 ± 3,2	68,08 ± 3,4	2,63 ± 0,053		21,15	20,35	20,35	20,66	21,00	21,10		0,366	20,77 ± 0,733	10,93	11,34	11,14 ± 0,733	10,58	6,87	3,71	1444 ± 14,4	52,31	45,41	29,29	24,66	0,097	0,093	1,98	1,14	1,56 ± 0,42	
18:46:30		64,89 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,75 ± 0,055		21,15	20,36	20,35	20,64	21,01	21,10		0,367	20,77 ± 0,733	10,93	11,34	11,14 ± 0,733	10,58	6,87	3,71	1437 ± 14,4	52,61	45,65	29,38	24,73	0,101	0,098	2,10	1,21	1,65 ± 0,44	
18:47:00		64,81 ± 3,2	68,22 ± 3,4	2,72 ± 0,054		21,16	20,34	20,36	20,65	20,99	21,10		0,368	20,77 ± 0,736	10,93	11,34	11,14 ± 0,736	10,58	6,87	3,71	1440 ± 14,4	52,58	45,61	29,33	24,69	0,100	0,097	2,07	1,19	1,63 ± 0,44	
18:47:30		64,47 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,74 ± 0,055		21,16	20,35	20,36	20,65	21,00	21,08		0,363	20,77 ± 0,727	10,91	11,33	11,12 ± 0,727	10,58	6,85	3,73	1438 ± 14,4	52,38	45,50	29,37	24,75	0,101	0,097	2,07	1,19	1,63 ± 0,44	
18:48:00		64,31 ± 3,2	68,15 ± 3,4	2,63 ± 0,053		21,13	20,35	20,33	20,66	21,00	21,09		0,365	20,76 ± 0,730	10,92	11,33	11,13 ± 0,730	10,59	6,86	3,73	1438 ± 14,4	52,29	45,40	29,28	24,66	0,097	0,093	1,99	1,14	1,57 ± 0,42	
18:48:30		64,63 ± 3,2	68,22 ± 3,4	2,85 ± 0,057		21,14	20,36	20,34	20,66	21,01	21,10		0,366	20,77 ± 0,731	10,93	11,35	11,14 ± 0,731	10,60	6,87	3,73	1438 ± 14,4	52,47	45,55	29,33	24,70	0,105	0,101	2,16	1,25	1,71 ± 0,46	
18:49:00		64,63 ± 3,2	68,36 ± 3,4	2,74 ± 0,055		21,14	20,35	20,34	20,64	21,00	21,10		0,368	20,76 ± 0,736	10,93	11,33	11,13 ± 0,736	10,60	6,87	3,73	1437 ± 14,4	52,47	45,52	29,35	24,71	0,101	0,097	2,08	1,20	1,64 ± 0,44	
18:49:30		64,62 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,85 ± 0,057		21,14	20,35	20,34	20,65	21,00	21,11		0,369	20,77 ± 0,738	10,94	11,34	11,14 ± 0,738	10,60	6,88	3,72	1439 ± 14,4	52,48	45,52	29,44	24,76	0,105	0,101	2,16	1,24	1,70 ± 0,46	
18:50:00		64,27 ± 3,2	68,84 ± 3,4	2,70 ± 0,054		21,16	20,36	20,36	20,65	21,01	21,11		0,367	20,77 ± 0,734	10,94	11,62	11,28 ± 0,734	10,59	6,88	3,72	1441 ± 14,4	52,32	45,41	29,80	25,10	0,099	0,096	2,01	1,14	1,57 ± 0,44	
18:55:00		64,21 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,73 ± 0,055		21,16	20,34	20,36	20,66	21,00	21,11		0,370	20,77 ± 0,741	10,94	11,33	11,14 ± 0,741	10,57	6,88	3,69	1437 ± 14,4	52,31	45,37	29,43	24,75	0,100	0,097	2,06	1,17	1,62 ± 0,44	
18:55:30		64,27 ± 3,2	68,15 ± 3,4	2,75 ± 0,055		21,15	20,36	20,34	20,64	21,00	21,10		0,368	20,77 ± 0,735	10,93	11,35	11,14 ± 0,735	10,59	6,86	3,73	1441 ± 14,4	52,31	45,39	29,32	24,68	0,101	0,098	2,07	1,19	1,63 ± 0,44	
18:56:00		64,31 ± 3,2	68,22 ± 3,4	2,51 ± 0,050		21,15	20,35	20,35	20,65	21,01	21,10		0,368	20,77 ± 0,737	10,93	11,34	11,14 ± 0,737	10,58	6,87	3,71	1438 ± 14,4	52,33	45,41	29,33	24,68	0,092	0,089	1,90	1,09	1,49 ± 0,40	
18:56:30		64,63 ± 3,2	68,88 ± 3,4	2,57 ± 0,051		21,16	20,35	20,35	20,65	20,99	21,11		0,370	20,77 ± 0,739	10,94	11,34	11,14 ± 0,739	10,58	6,87	3,71	1439 ± 14,4	52,50	45,53	29,52	24,83	0,094	0,091	1,94	1,11	1,53 ± 0,42	
18:57:00		64,63 ± 3,2	68,80 ± 3,4	2,56 ± 0,051		21,14	20,35	20,35	20,65	21,00	21,09		0,363	20,76 ± 0,726	10,92	11,34	11,13 ± 0,726	10,58	6,87	3,71	1439 ± 14,4	52,44	45,55	29,45	24,82	0,094	0,091	1,93	1,11	1,52 ± 0,41	
18:57:30		64,62 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,64 ± 0,053		21,15	20,33	20,35	20,65	21,00	21,10		0,372	20,76 ± 0,743	10,93	11,32	11,13 ± 0,743	10,57	6,87	3,70	1439 ± 14,4	52,49	45,50	29,38	24,70	0,097	0,094	2,00	1,15	1,58 ± 0,43	
18:58:00		64,27 ± 3,2	68,26 ± 3,4	2,65 ± 0,053		21,15	20,34	20,36	20,66	21,01	21,10		0,368	20,77 ± 0,735	10,93	11,33	11,13 ± 0,735	10,57	6,88	3,69	1441 ± 14,4	52,32	45,40	29,33	24,68	0,097	0,094	2,00	1,15	1,57 ± 0,43	
18:58:30		64,60 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,61 ± 0,052		21,16	20,35	20,37	20,67	21,01	21,11		0,366	20,78 ± 0,733	10,94	11,34	11,14 ± 0,733	10,59	6,89	3,70	1441 ± 14,4	52,50	45,56	29,43	24,78	0,096	0,093	1,97	1,13	1,55 ± 0,42	
18:59:00		64,21 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,69 ± 0,054		21,15	20,35	20,37	20,67	20,99	21,10		0,360	20,77 ± 0,720	10,93	11,34	11,14 ± 0,720	10,57	6,89	3,68	1440 ± 14,4	52,25	45,42	29,39	24,80	0,099	0,095	2,02	1,16	1,59 ± 0,43	
18:59:30		64,79 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,72 ± 0,054		21,15	20,36	20,37	20,67	21,00	21,10		0,359	20,78 ± 0,718	10,93	11,35	11,14 ± 0,718	10,58	6,89	3,69	1440 ± 14,4	52,54	45,67	29,40	24,81	0,100	0,097	2,06	1,19	1,63 ± 0,43	
19:00:00		65,12 ± 3,3	68,21 ± 3,4	2,73 ± 0,055		21,16	20,36	20,36	20,66	21,00	21,11		0,366	20,77 ± 0,732	10,94																

19:15:00	64,47 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,75 ± 0,055	21,14	20,36	20,34	20,66	20,99	21,09	0,361	20,76 ± 0,723	10,92	11,34	11,13 ± 0,723	10,59	6,86	3,73	1437 ± 14,4	52,36	45,50	29,34	24,75	0,101	0,098	2,08	1,20	1,64 ± 0,44
19:15:30	64,31 ± 3,2	68,26 ± 3,4	2,73 ± 0,055	21,16	20,34	20,36	20,65	21,01	21,11	0,372	20,77 ± 0,744	10,94	11,34	11,14 ± 0,744	10,58	6,88	3,70	1438 ± 14,4	52,37	45,40	29,37	24,69	0,100	0,097	2,07	1,18	1,62 ± 0,44
19:16:00	64,63 ± 3,2	68,59 ± 3,4	2,72 ± 0,054	21,15	20,35	20,35	20,65	21,00	21,10	0,367	20,77 ± 0,734	10,93	11,35	11,14 ± 0,734	10,58	6,87	3,71	1439 ± 14,4	52,48	45,54	29,43	24,78	0,100	0,097	2,06	1,18	1,62 ± 0,44
19:16:30	64,70 ± 3,2	68,80 ± 3,4	2,78 ± 0,056	21,15	20,35	20,35	20,66	21,00	21,10	0,366	20,77 ± 0,733	10,93	11,33	11,13 ± 0,733	10,59	6,87	3,72	1440 ± 14,4	52,51	45,57	29,46	24,80	0,102	0,099	2,10	1,21	1,65 ± 0,45
19:17:00	64,89 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,70 ± 0,054	21,15	20,35	20,35	20,64	21,00	21,10	0,368	20,77 ± 0,735	10,93	11,34	11,14 ± 0,735	10,57	6,87	3,70	1441 ± 14,4	52,61	45,64	29,38	24,73	0,099	0,096	2,05	1,18	1,62 ± 0,44
19:17:30	64,81 ± 3,2	68,61 ± 3,4	2,75 ± 0,055	21,14	20,35	20,33	20,65	20,99	21,08	0,365	20,76 ± 0,729	10,91	11,34	11,13 ± 0,729	10,58	6,85	3,73	1438 ± 14,4	52,53	45,60	29,39	24,76	0,101	0,098	2,09	1,20	1,64 ± 0,44
19:18:00	64,47 ± 3,2	68,88 ± 3,4	2,51 ± 0,050	21,14	20,36	20,34	20,65	20,99	21,09	0,362	20,76 ± 0,724	10,92	11,35	11,14 ± 0,724	10,58	6,86	3,72	1437 ± 14,4	52,36	45,49	29,47	24,85	0,092	0,089	1,89	1,09	1,49 ± 0,40
19:18:30	64,27 ± 3,2	68,80 ± 3,4	2,57 ± 0,051	21,16	20,37	20,35	20,66	21,01	21,10	0,365	20,78 ± 0,730	10,93	11,35	11,14 ± 0,730	10,59	6,87	3,72	1437 ± 14,4	52,32	45,43	29,48	24,83	0,094	0,091	1,93	1,11	1,52 ± 0,41
19:19:00	64,81 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,56 ± 0,051	21,14	20,37	20,35	20,65	20,99	21,10	0,359	20,77 ± 0,718	10,93	11,33	11,13 ± 0,718	10,58	6,87	3,71	1438 ± 14,4	52,52	45,65	29,33	24,75	0,094	0,091	1,94	1,13	1,54 ± 0,41
19:19:30	64,47 ± 3,2	68,22 ± 3,4	2,64 ± 0,053	21,15	20,37	20,36	20,65	21,00	21,11	0,362	20,77 ± 0,724	10,94	11,34	11,14 ± 0,724	10,58	6,88	3,70	1438 ± 14,4	52,39	45,52	29,32	24,72	0,097	0,094	2,00	1,15	1,58 ± 0,42
19:20:00	64,27 ± 3,2	68,88 ± 3,4	2,70 ± 0,054	21,43	20,36	20,36	20,66	21,28	21,11	0,470	20,87 ± 0,941	10,94	11,34	11,14 ± 0,941	10,59	6,88	3,72	1437 ± 14,4	53,21	45,12	29,95	24,42	0,099	0,096	2,12	1,11	1,62 ± 0,51
19:25:00	64,47 ± 3,2	68,88 ± 3,4	2,74 ± 0,055	21,16	20,34	20,36	20,64	20,99	21,11	0,370	20,77 ± 0,741	10,94	11,33	11,14 ± 0,741	10,58	6,88	3,70	1437 ± 14,4	52,42	45,46	29,51	24,81	0,101	0,097	2,07	1,18	1,62 ± 0,44
19:25:30	64,31 ± 3,2	68,80 ± 3,4	2,72 ± 0,054	21,14	20,36	20,35	20,66	21,01	21,09	0,362	20,77 ± 0,723	10,92	11,35	11,14 ± 0,723	10,58	6,86	3,72	1438 ± 14,4	52,30	45,44	29,45	24,83	0,100	0,097	2,04	1,17	1,61 ± 0,43
19:26:00	64,63 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,75 ± 0,055	21,15	20,35	20,35	20,65	21,00	21,10	0,367	20,77 ± 0,734	10,93	11,34	11,14 ± 0,734	10,59	6,87	3,72	1441 ± 14,4	52,48	45,54	29,38	24,73	0,101	0,098	2,08	1,20	1,64 ± 0,44
19:26:30	64,81 ± 3,2	68,22 ± 3,4	2,51 ± 0,050	21,15	20,35	20,36	20,65	21,00	21,10	0,365	20,77 ± 0,729	10,93	11,34	11,14 ± 0,729	10,57	6,87	3,70	1441 ± 14,4	52,56	45,63	29,32	24,70	0,092	0,089	1,91	1,10	1,50 ± 0,40
19:27:00	64,47 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,57 ± 0,051	21,15	20,35	20,34	20,65	21,00	21,10	0,369	20,77 ± 0,739	10,93	11,34	11,14 ± 0,739	10,58	6,87	3,71	1441 ± 14,4	52,41	45,46	29,43	24,75	0,094	0,091	1,94	1,11	1,52 ± 0,41
19:27:30	64,64 ± 3,2	68,15 ± 3,4	2,63 ± 0,053	21,15	20,34	20,35	20,64	20,98	21,10	0,367	20,76 ± 0,735	10,93	11,32	11,13 ± 0,735	10,58	6,87	3,71	1440 ± 14,4	52,47	45,52	29,29	24,65	0,097	0,093	2,00	1,15	1,57 ± 0,42
19:28:00	64,89 ± 3,2	68,77 ± 3,4	2,75 ± 0,055	21,16	20,34	20,35	20,64	20,99	21,11	0,373	20,77 ± 0,745	10,94	11,33	11,14 ± 0,745	10,59	6,88	3,71	1440 ± 14,4	52,64	45,61	29,49	24,78	0,101	0,098	2,09	1,19	1,64 ± 0,45
19:28:30	64,81 ± 3,2	68,43 ± 3,4	2,72 ± 0,054	21,17	20,36	20,36	20,66	21,00	21,12	0,370	20,78 ± 0,739	10,95	11,34	11,15 ± 0,739	10,59	6,89	3,70	1440 ± 14,4	52,62	45,63	29,41	24,74	0,100	0,097	2,07	1,19	1,63 ± 0,44
19:29:00	64,47 ± 3,2	68,26 ± 3,4	2,74 ± 0,055	21,17	20,34	20,35	20,64	21,00	21,12	0,378	20,77 ± 0,756	10,95	11,34	11,15 ± 0,756	10,57	6,89	3,68	1439 ± 14,4	52,48	45,43	29,40	24,67	0,101	0,097	2,08	1,18	1,63 ± 0,45
19:29:30	64,27 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,63 ± 0,053	21,17	20,35	20,35	20,65	21,01	21,12	0,376	20,78 ± 0,752	10,95	11,35	11,15 ± 0,752	10,58	6,89	3,69	1439 ± 14,4	52,38	45,37	29,49	24,76	0,097	0,093	1,98	1,13	1,56 ± 0,43
19:30:00	64,89 ± 3,2	68,57 ± 3,4	2,85 ± 0,057	21,16	20,63	20,36	20,93	21,01	21,11	0,310	20,87 ± 0,620	10,94	11,35	11,14 ± 0,620	10,58	6,88	3,70	1438 ± 14,4	52,57	46,21	29,18	25,00	0,105	0,101	2,15	1,31	1,73 ± 0,42

20:45:00	64,32 ± 3,2	68,28 ± 3,4	5,18 ± 0,104	21,61	20,83	20,81	21,13	21,46	21,56	0,361	21,23 ± 0,723	13,53	13,31	13,42 ± 0,723	13,20	9,06	4,14	1522 ± 15,2	53,68	46,68	34,49	29,40	0,189	0,182	3,24	1,60	2,42 ± 0,82
20:45:30	64,16 ± 3,2	68,11 ± 3,4	5,16 ± 0,103	21,63	20,81	20,83	21,12	21,48	21,58	0,372	21,24 ± 0,744	13,55	13,31	13,43 ± 0,744	13,19	9,08	4,11	1523 ± 15,2	53,69	46,57	34,51	29,33	0,188	0,182	3,23	1,58	2,40 ± 0,83
20:46:00	64,48 ± 3,2	68,45 ± 3,4	5,15 ± 0,103	21,62	20,82	20,82	21,12	21,47	21,57	0,367	21,24 ± 0,734	13,54	13,32	13,43 ± 0,734	13,19	9,07	4,12	1524 ± 15,2	53,80	46,72	34,59	29,44	0,188	0,181	3,22	1,58	2,40 ± 0,82
20:46:30	64,55 ± 3,2	68,65 ± 3,4	5,21 ± 0,104	21,62	20,82	20,82	21,13	21,47	21,57	0,366	21,24 ± 0,733	13,54	13,30	13,42 ± 0,733	13,20	9,07	4,13	1525 ± 15,3	53,84	46,76	34,62	29,47	0,190	0,184	3,26	1,60	2,43 ± 0,83
20:47:00	64,74 ± 3,2	68,28 ± 3,4	5,13 ± 0,103	21,62	20,82	20,82	21,11	21,47	21,57	0,368	21,24 ± 0,735	13,54	13,31	13,43 ± 0,735	13,18	9,07	4,11	1526 ± 15,3	53,94	46,82	34,53	29,38	0,187	0,181	3,23	1,60	2,41 ± 0,82
20:47:30	64,66 ± 3,2	68,46 ± 3,4	5,18 ± 0,104	21,61	20,82	20,80	21,12	21,46	21,55	0,365	21,23 ± 0,729	13,52	13,31	13,42 ± 0,729	13,19	9,05	4,14	1523 ± 15,2	53,85	46,78	34,55	29,42	0,189	0,182	3,25	1,61	2,43 ± 0,82
20:48:00	64,32 ± 3,2	68,73 ± 3,4	4,94 ± 0,099	21,61	20,83	20,81	21,12	21,46	21,56	0,362	21,23 ± 0,724	13,53	13,32	13,43 ± 0,724	13,19	9,06	4,13	1522 ± 15,2	53,68	46,67	34,64	29,52	0,180	0,174	3,07	1,51	2,29 ± 0,78
20:48:30	64,13 ± 3,2	68,65 ± 3,4	5,00 ± 0,100	21,63	20,84	20,82	21,13	21,48	21,57	0,365	21,25 ± 0,730	13,54	13,32	13,43 ± 0,730	13,20	9,07	4,13	1522 ± 15,2	53,64	46,61	34,64	29,50	0,182	0,176	3,11	1,52	2,31 ± 0,79
20:49:00	64,66 ± 3,2	68,28 ± 3,4	4,99 ± 0,100	21,61	20,84	20,82	21,12	21,46	21,57	0,359	21,24 ± 0,718	13,54	13,30	13,42 ± 0,718	13,19	9,07	4,12	1523 ± 15,2	53,85	46,84	34,48	29,41	0,182	0,176	3,13	1,56	2,35 ± 0,79
20:49:30	64,32 ± 3,2	68,07 ± 3,4	5,07 ± 0,101	21,62	20,84	20,83	21,12	21,47	21,58	0,362	21,24 ± 0,724	13,55	13,31	13,43 ± 0,724	13,19	9,08	4,11	1523 ± 15,2	53,72	46,70	34,45	29,37	0,185	0,179	3,17	1,57	2,37 ± 0,80
20:50:00	64,13 ± 3,2	68,73 ± 3,4	5,13 ± 0,103	21,90	20,83	20,83	21,13	21,75	21,58	0,470	21,34 ± 0,941	13,55	13,31	13,43 ± 0,941	13,20	9,08	4,13	1522 ± 15,2	54,55	46,29	35,15	29,06	0,187	0,181	3,36	1,45	2,41 ± 0,95
20:55:00	64,32 ± 3,2	68,73 ± 3,4	5,17 ± 0,103	21,63	20,81	20,83	21,11	21,46	21,58	0,370	21,24 ± 0,741	13,55	13,30	13,43 ± 0,741	13,19	9,08	4,11	1522 ± 15,2	53,75	46,64	34,68	29,48	0,189	0,182	3,23	1,57	2,40 ± 0,83
20:55:30	64,16 ± 3,2	68,65 ± 3,4	5,15 ± 0,103	21,61	20,83	20,82	21,13	21,48	21,56	0,362	21,24 ± 0,723	13,53	13,32	13,43 ± 0,723	13,19	9,06	4,13	1523 ± 15,2	53,62	46,62	34,61	29,50	0,188	0,181	3,19	1,57	2,38 ± 0,81
20:56:00	64,48 ± 3,2	68,28 ± 3,4	5,18 ± 0,104	21,62	20,82	20,82	21,12	21,47	21,57	0,367	21,24 ± 0,734	13,54	13,31	13,43 ± 0,734	13,20	9,07	4,13	1526 ± 15,3	53,80	46,72	34,53	29,39	0,189	0,182	3,24	1,60	2,42 ± 0,82
20:56:30	64,66 ± 3,2	68,07 ± 3,4	4,94 ± 0,099	21,62	20,82	20,83	21,12	21,47	21,57	0,365	21,24 ± 0,729	13,54	13,31	13,43 ± 0,729	13,18	9,07	4,11	1526 ± 15,3	53,89	46,81	34,45	29,35	0,180	0,174	3,11	1,55	2,33 ± 0,78
20:57:00	64,32 ± 3,2	68,42 ± 3,4	5,00 ± 0,100	21,62	20,82	20,81	21,12	21,47	21,57	0,369	21,24 ± 0,739	13,54	13,31	13,43 ± 0,739	13,19	9,07	4,12	1526 ± 15,3	53,73	46,64	34,58	29,41	0,182	0,176	3,12	1,53	2,32 ± 0,80
20:57:30	64,49 ± 3,2	68,00 ± 3,4	5,06 ± 0,101	21,62	20,81	20,82	21,11	21,45	21,57	0,367	21,23 ± 0,735	13,54	13,29	13,42 ± 0,735	13,19	9,07	4,12	1525 ± 15,3	53,79	46,70	34,42	29,30	0,185	0,178	3,18	1,57	2,38 ± 0,80
20:58:00	64,74 ± 3,2	68,63 ± 3,4	5,18 ± 0,104	21,63	20,81	20,82	21,11	21,46	21,58	0,373	21,24 ± 0,745	13,55	13,30	13,43 ± 0,745	13,20	9,08	4,12	1525 ± 15,3	53,97	46,79	34,66	29,45	0,189	0,182	3,26	1,59	2,43 ± 0,83
20:58:30	64,66 ± 3,2	68,28 ± 3,4	5,15 ± 0,103	21,64	20,83	20,83	21,13	21,47	21,59	0,370	21,25 ± 0,739	13,56	13,31	13,44 ± 0,739	13,20	9,09	4,11	1525 ± 15,3	53,95	46,81	34,56	29,40	0,188	0,181	3,25	1,60	2,42 ± 0,82
20:59:00	64,32 ± 3,2	68,11 ± 3,4	5,17 ± 0,103	21,64	20,81	20,82	21,11	21,47	21,59	0,378	21,24 ± 0,756	13,56	13,31	13,44 ± 0,756	13,18	9,09	4,09	1524 ± 15,2	53,80	46,61	34,55	29,32	0,189	0,182	3,25	1,58	2,42 ± 0,84
20:59:30	64,13 ± 3,2	68,42 ± 3,4	5,06 ± 0,101	21,64	20,82	20,82	21,12	21,48	21,59	0,376	21,25 ± 0,752	13,56	13,32	13,44 ± 0,752	13,19	9,09	4,10	1524 ± 15,2	53,71	46,55	34,65	29,41	0,185	0,178	3,16	1,53	2,34 ± 0,82
21:00:00	64,74 ± 3,2	68,42 ± 3,4	5,28 ± 0,106	21,63	21,10	20,83	21,40	21,48	21,58	0,310	21,34 ± 0,620	13,55	13,32	13,43 ± 0,620	13,19	9,08	4,11	1523 ± 15,2	53,89	47,40	34,32	29,68	0,193	0,186	3,29	1,75	2,52 ± 0,77

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CIRCULAR PROTÓTIPO	
Data:	05/03/2011
Pressão Atmosférica	90,88 kPa
Área do Duto	0,0484 m²
Velocidade exaustor:	média
Potência vazio	108 W
Fator Correção Vazão	0,8229
Temperatura da câmara	30 °C

RESULTADO	
COP Médio	2,29 ± 0,688
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	16,9%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Maquinas Hidráulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

COP _{min} =m' _{min} *(h _{1min} -h _{2max})/Pot _{Liqmax}
COP _{max} =m' _{max} *(h _{1max} -h _{2min})/Pot _{Liqmin}
m' _{max} =A*V _{max} *v _{min} (T _{min} ;U _{max} ;P)
m' _{min} =A*V _{min} *v _{max} (T _{max} ;U _{min} ;P)
h _{max} =(T _{aemax} ;U _{Rmax} ;P)
h _{min} =(T _{aemin} ;U _{Rmin} ;P)

Canal	Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]		Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							DesvPad	média	Temp. Ar Saída Evaporador		média	Temp fluido Refrig [°C]		Variaç.	Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance						
	0		1		2		4		5		6			7			8			9		Visual	h1		h2		m'		COP				
	UR1	± 5%	UR2	± 5%	Vm	± 2%	T _{Ae1}							10	11	T _{Ae2} [°C]		12	13	[W]	max	min	max	min	max	min	max	min	media				
Hora														σ	2σ																		
08:16:00	66,42 ± 3,3		69,86 ± 3,5		2,55 ± 0,051		31,26	30,46	30,47	30,76	31,11	31,21	0,365	30,88 ± 0,729	21,04	20,83	20,94 ± 0,729	13,26	9,44	3,82	1529 ± 15,3	90,72	79,03	55,54	48,11	0,098	0,094	2,90	1,58	2,24 ± 0,66			
8:16:30	66,75 ± 3,3		69,93 ± 3,5		2,67 ± 0,053		31,28	30,48	30,47	30,78	31,13	31,23	0,369	30,90 ± 0,739	21,06	20,81	20,94 ± 0,739	13,28	9,44	3,84	1528 ± 15,3	91,15	79,32	55,60	48,11	0,102	0,099	3,07	1,67	2,37 ± 0,70			
8:17:00	65,75 ± 3,3		69,96 ± 3,5		2,60 ± 0,052		31,27	30,47	30,48	30,77	31,12	31,22	0,365	30,89 ± 0,729	21,05	20,82	20,94 ± 0,729	13,27	9,45	3,82	1527 ± 15,3	90,15	78,57	55,59	48,15	0,100	0,096	2,92	1,58	2,25 ± 0,67			
8:17:30	66,08 ± 3,3		70,31 ± 3,5		2,77 ± 0,055		31,27	30,47	30,46	30,77	31,12	31,22	0,369	30,89 ± 0,739	21,05	20,82	20,94 ± 0,739	13,27	9,43	3,84	1531 ± 15,3	90,49	78,77	55,79	48,27	0,106	0,103	3,12	1,68	2,40 ± 0,72			
8:18:00	65,88 ± 3,3		70,31 ± 3,5		2,60 ± 0,052		31,27	30,48	30,47	30,77	31,12	31,22	0,365	30,89 ± 0,729	21,05	20,82	20,94 ± 0,729	13,27	9,44	3,83	1526 ± 15,3	90,28	78,67	55,76	48,29	0,100	0,096	2,92	1,57	2,25 ± 0,68			
8:18:30	66,22 ± 3,3		70,30 ± 3,5		2,47 ± 0,049		31,25	30,48	30,47	30,75	31,10	31,21	0,358	30,88 ± 0,715	21,04	20,82	20,93 ± 0,715	13,25	9,44	3,81	1527 ± 15,3	90,47	78,93	55,70	48,31	0,095	0,092	2,79	1,51	2,15 ± 0,64			
8:19:00	65,82 ± 3,3		69,93 ± 3,5		2,48 ± 0,050		31,26	30,45	30,48	30,76	31,11	31,21	0,365	30,88 ± 0,730	21,04	20,83	20,94 ± 0,730	13,26	9,45	3,81	1528 ± 15,3	90,17	78,58	55,58	48,14	0,095	0,092	2,79	1,50	2,15 ± 0,64			
8:19:30	65,88 ± 3,3		70,28 ± 3,5		2,68 ± 0,054		31,27	30,46	30,48	30,77	31,12	31,23	0,369	30,89 ± 0,738	21,06	20,84	20,95 ± 0,738	13,27	9,45	3,82	1528 ± 15,3	90,31	78,64	55,82	48,30	0,103	0,099	3,01	1,61	2,31 ± 0,70			
8:20:00	66,02 ± 3,3		69,86 ± 3,5		2,57 ± 0,051		31,27	30,46	30,46	30,77	31,12	31,21	0,370	30,88 ± 0,739	21,04	20,84	20,94 ± 0,739	13,27	9,43	3,84	1529 ± 15,3	90,41	78,71	55,59	48,09	0,099	0,095	2,91	1,57	2,24 ± 0,67			
8:20:30	66,22 ± 3,3		70,50 ± 3,5		2,68 ± 0,054		31,28	30,46	30,47	30,78	31,13	31,22	0,372	30,89 ± 0,744	21,05	20,84	20,95 ± 0,744	13,28	9,44	3,84	1529 ± 15,3	90,66	78,87	55,93	48,35	0,103	0,099	3,03	1,62	2,33 ± 0,70			
8:21:00	66,48 ± 3,3		70,85 ± 3,5		2,67 ± 0,053		31,28	30,48	30,47	30,78	31,13	31,50	0,430	30,94 ± 0,860	21,33	20,83	21,08 ± 0,860	13,28	9,44	3,84	1530 ± 15,3	91,64	78,80	56,91	48,55	0,102	0,099	3,07	1,54	2,31 ± 0,77			
8:26:00	66,22 ± 3,3		70,50 ± 3,5		2,64 ± 0,053		31,26	30,48	30,46	30,77	31,13	31,21	0,364	30,89 ± 0,729	21,04	20,81	20,93 ± 0,729	13,28	9,43	3,85	1531 ± 15,3	90,57	78,91	55,82	48,34	0,101	0,098	2,97	1,60	2,29 ± 0,69			
8:26:30	65,82 ± 3,3		70,85 ± 3,5		2,60 ± 0,052		31,28	30,47	30,48	30,77	31,12	31,23	0,369	30,89 ± 0,737	21,06	20,83	20,95 ± 0,737	13,26	9,45	3,81	1532 ± 15,3	90,26	78,60	56,09	48,52	0,100	0,096	2,89	1,54	2,22 ± 0,68			
8:27:00	65,88 ± 3,3		69,79 ± 3,5		2,59 ± 0,052		31,27	30,47	30,47	30,78	31,12	31,22	0,366	30,89 ± 0,733	21,05	20,82	20,94 ± 0,733	13,27	9,44	3,83	1534 ± 15,3	90,29	78,66	55,52	48,07	0,099	0,096	2,91	1,57	2,24 ± 0,67			
8:27:30	66,52 ± 3,3		70,14 ± 3,5		2,71 ± 0,054		31,27	30,48	30,47	30,76	31,13	31,22	0,367	30,89 ± 0,733	21,05	20,82	20,94 ± 0,733	13,27	9,44	3,83	1527 ± 15,3	90,88	79,13	55,69	48,21	0,104	0,100	3,09	1,68	2,39 ± 0,71			
8:28:00	66,44 ± 3,3		69,93 ± 3,5		2,68 ± 0,054		31,28	30,46	30,48	30,77	31,11	31,22	0,368	30,89 ± 0,736	21,05	20,82	20,94 ± 0,736	13,27	9,44	3,83	1530 ± 15,3	90,81	79,06	55,60	48,12	0,103	0,099	3,05	1,66	2,36 ± 0,70			
8:28:30	66,08 ± 3,3		70,28 ± 3,5		2,70 ± 0,054		31,28	30,47	30,48	30,77	31,12	31,20	0,363	30,89 ± 0,727	21,03	20,81	20,92 ± 0,727	13,27	9,42	3,85	1528 ± 15,3	90,44	78,83	55,69	48,25	0,104	0,100	3,05	1,65	2,35 ± 0,70			
8:29:00	65,92 ± 3,3		69,86 ± 3,5		2,59 ± 0,052		31,25	30,47	30,45	30,78	31,12	31,21	0,365	30,88 ± 0,730	21,04	20,81	20,93 ± 0,730	13,28	9,43	3,85	1528 ± 15,3	90,27	78,66	55,51	48,08	0,099	0,096	2,92	1,58	2,25 ± 0,67			
8:29:30	66,24 ± 3,3		69,93 ± 3,5		2,81 ± 0,056		31,26	30,48	30,46	30,78	31,13	31,22	0,366	30,89 ± 0,731	21,05	20,83	20,94 ± 0,731	13,29	9,44	3,85	1528 ± 15,3	90,62	78,94	55,60	48,15	0,108	0,104	3,19	1,73	2,46 ± 0,73			
8:30:00	66,24 ± 3,3		70,07 ± 3,5		2,70 ± 0,054		31,26	30,47	30,46	30,76	31,12	31,22	0,368	30,88 ± 0,736	21,05	20,81	20,93 ± 0,736	13,29	9,44	3,85	1527 ± 15,3	90,61	78,89	55,65	48,16	0,104	0,100	3,07	1,66	2,36 ± 0,70			
8:30:30	66,24 ± 3,3		70,28 ± 3,5		2,81 ± 0,056		31,26	30,47	30,46	30,77	31,12	31,23	0,369	30,89 ± 0,738	21,06	20,82	20,94 ± 0,738	13,29	9,45	3,84	1529 ± 15,3	90,63	78,89	55,79	48,27	0,108	0,104	3,18	1,71	2,45 ± 0,73			
8:31:00	65,88 ± 3,3		70,57 ± 3,5		2,66 ± 0,053		31,28	30,48	30,48	30,77	31,13	31,23	0,367	30,89 ± 0,734	21,06	21,10	21,08 ± 0,734	13,28	9,45	3,84	1531 ± 15,3	90,31	78,67	56,36	48,78	0,102	0,099	2,95	1,56	2,26 ± 0,69			
8:36:00	65,82 ± 3,3		70,28 ± 3,5		2,69 ± 0,054		31,28	30,46	30,48	30,78	31,12	31,23	0,370	30,89 ± 0,741	21,06	20,81	20,94 ± 0,741	13,26	9,45	3,81	1527 ± 15,3	90,28	78,59	55,79	48,25	0,103	0,100	3,03	1,62	2,32 ± 0,70			
8:36:30	65,88 ± 3,3		69,86 ± 3,5		2,71 ± 0,054		31,27	30,48	30,46	30,76	31,12	31,22	0,368	30,89 ± 0,735	21,05	20,83	20,94 ± 0,735	13,28	9,43	3,85	1531 ± 15,3	90,29	78,63	55,58	48,11	0,104	0,100	3,05	1,64	2,35 ± 0,70			
8:37:00	65,92 ± 3,3		69,93 ± 3,5		2,47 ± 0,049		31,27	30,47	30,47	30,77	31,13	31,22	0,368	30,89 ± 0,737	21,05	20,82	20,94 ± 0,737	13,27	9,44	3,83	1528 ± 15,3	90,34	78,67	55,60	48,12	0,095	0,092	2,79	1,50	2,15 ± 0,64			
8:37:30	66,24 ± 3,3		70,60 ± 3,5		2,53 ± 0,051		31,28	30,47	30,47	30,77	31,11	31,23	0,370	30,89 ± 0,739	21,06	20,82	20,94 ± 0,739	13,27	9,44	3,83	1529 ± 15,3	90,65	78,90	55,96	48,40	0,097	0,094	2,86	1,53	2,19 ± 0,66			
8:38:00	66,24 ± 3,3		70,52 ± 3,5		2,52 ± 0,050		31,26	30,47	30,47	30,77	31,12	31,21	0,363	30,88 ± 0,726	21,04	20,82	20,93 ± 0,726	13,27	9,44	3,83	1529 ± 15,3	90,57	78,94	55,84	48,37	0,097	0,093	2,84	1,53	2,19 ± 0,65			
8:38:30	66,24 ± 3,3		70,14 ± 3,5		2,60 ± 0,052		31,27	30,45	30,47	30,77	31,12	31,22	0,372	30,88 ± 0,743	21,05	20,80	20,93 ± 0,743	13,26	9,44	3,82	1529 ± 15,3	90,64	78,86	55,69	48,16	0,100	0,096	2,95	1,59	2,27 ± 0,68			
8:39:00	65,88 ± 3,3		69,96 ± 3,5		2,61 ± 0,052		31,27	30,46	30,48	30,78	31,13	31,22	0,368	30,89 ± 0,735	21,05	20,81	20,93 ± 0,735	13,26	9,45	3,81	1531 ± 15,3	90,31	78,65	55,60	48,12	0,100	0,097	2,94	1,58	2,26 ± 0,68			
8:39:30	66,22 ± 3,3		70,31 ± 3,5		2,57 ± 0,051		31,28	30,47	30,49	30,79	31,13	31,23	0,366	30,90 ± 0,733	21,06	20,82	20,94 ± 0,733	13,28	9,46	3,82	1531 ± 15,3	90,64	78,95	55,79	48,30	0,099	0,095	2,90	1,57	2,24 ± 0,67			
8:40:00	65,82 ± 3,3		70,31 ± 3,5		2,65 ± 0,053		31,27	30,47	30,49	30,79	31,11	31,22	0,360	30,89 ± 0,720	21,05	20,82	20,94 ± 0,720	13,26	9,46	3,80	1530 ± 15,3	90,19	78,67	55,74	48,32	0,102	0,098	2,96	1,60	2,28 ± 0,68			
8:40:30	66,42 ± 3,3		70,30 ± 3,5		2,68 ± 0,054		31,27	30,48	30,49	30,79	31,12	31,22	0,359	30,90 ± 0,718	21,05	20,83	20,94 ± 0,718	13,27	9,46	3,81	1530 ± 15,3	90,75	79,15	55,74	48,33	0,103	0,099	3,04	1,65	2,34 ± 0,69			
8:41:00	66,75 ± 3,3		69,92 ± 3,5		2,69 ± 0,054		31,28	30,48	30,48	30,78	31																						

8:56:00	66,08 ± 3,3	70,14 ± 3,5	2,71 ± 0,054	31,26	30,48	30,46	30,78	31,11	31,21	0,361	30,88 ± 0,723	21,04	20,82	20,93 ± 0,723	13,28	9,43	3,85	1527 ± 15,3	90,41	78,83	55,64	48,23	0,104	0,100	3,06	1,66	2,36 ± 0,70
8:56:30	65,92 ± 3,3	69,96 ± 3,5	2,69 ± 0,054	31,28	30,46	30,48	30,77	31,13	31,23	0,372	30,89 ± 0,744	21,06	20,82	20,94 ± 0,744	13,27	9,45	3,82	1528 ± 15,3	90,39	78,65	55,66	48,12	0,103	0,100	3,04	1,63	2,34 ± 0,70
8:57:00	66,24 ± 3,3	70,31 ± 3,5	2,68 ± 0,054	31,27	30,47	30,47	30,77	31,12	31,22	0,367	30,89 ± 0,734	21,05	20,83	20,94 ± 0,734	13,27	9,44	3,83	1529 ± 15,3	90,62	78,92	55,79	48,29	0,103	0,099	3,03	1,63	2,33 ± 0,70
8:57:30	66,32 ± 3,3	70,52 ± 3,5	2,74 ± 0,055	31,27	30,47	30,47	30,78	31,12	31,22	0,366	30,89 ± 0,733	21,05	20,81	20,93 ± 0,733	13,28	9,44	3,84	1530 ± 15,3	90,69	78,98	55,86	48,35	0,105	0,102	3,10	1,67	2,38 ± 0,71
8:58:00	66,52 ± 3,3	70,14 ± 3,5	2,66 ± 0,053	31,27	30,47	30,47	30,76	31,12	31,22	0,368	30,89 ± 0,735	21,05	20,82	20,94 ± 0,735	13,26	9,44	3,82	1531 ± 15,3	90,87	79,11	55,70	48,21	0,102	0,099	3,03	1,64	2,33 ± 0,69
8:58:30	66,44 ± 3,3	70,33 ± 3,5	2,71 ± 0,054	31,26	30,47	30,45	30,77	31,11	31,20	0,365	30,88 ± 0,729	21,03	20,82	20,93 ± 0,729	13,27	9,42	3,85	1528 ± 15,3	90,73	79,04	55,74	48,27	0,104	0,100	3,08	1,67	2,37 ± 0,71
8:59:00	66,08 ± 3,3	70,60 ± 3,5	2,47 ± 0,049	31,26	30,48	30,46	30,77	31,11	31,21	0,362	30,88 ± 0,724	21,04	20,83	20,94 ± 0,724	13,27	9,43	3,84	1527 ± 15,3	90,40	78,82	55,89	48,42	0,095	0,092	2,77	1,49	2,13 ± 0,64
8:59:30	65,88 ± 3,3	70,52 ± 3,5	2,53 ± 0,051	31,28	30,49	30,47	30,78	31,13	31,22	0,365	30,90 ± 0,730	21,05	20,83	20,94 ± 0,730	13,28	9,44	3,84	1527 ± 15,3	90,31	78,69	55,89	48,39	0,097	0,094	2,84	1,52	2,18 ± 0,66
9:00:00	66,44 ± 3,3	70,14 ± 3,5	2,52 ± 0,050	31,26	30,49	30,47	30,77	31,11	31,22	0,359	30,89 ± 0,718	21,05	20,81	20,93 ± 0,718	13,27	9,44	3,83	1528 ± 15,3	90,73	79,13	55,63	48,24	0,097	0,093	2,86	1,56	2,21 ± 0,65
9:00:30	66,08 ± 3,3	69,93 ± 3,5	2,60 ± 0,052	31,27	30,49	30,48	30,77	31,12	31,23	0,362	30,89 ± 0,724	21,06	20,82	20,94 ± 0,724	13,27	9,45	3,82	1528 ± 15,3	90,46	78,86	55,57	48,17	0,100	0,096	2,94	1,60	2,27 ± 0,67
9:01:00	65,88 ± 3,3	70,60 ± 3,5	2,66 ± 0,053	31,55	30,48	30,48	30,78	31,40	31,23	0,470	30,99 ± 0,941	21,06	20,82	20,94 ± 0,941	13,28	9,45	3,84	1527 ± 15,3	91,67	78,22	56,58	47,82	0,102	0,099	3,12	1,52	2,32 ± 0,80
9:06:00	66,08 ± 3,3	70,60 ± 3,5	2,70 ± 0,054	31,28	30,46	30,48	30,76	31,11	31,23	0,370	30,89 ± 0,741	21,06	20,81	20,94 ± 0,741	13,27	9,45	3,82	1527 ± 15,3	90,50	78,77	55,94	48,38	0,104	0,100	3,04	1,63	2,34 ± 0,71
9:06:30	65,92 ± 3,3	70,52 ± 3,5	2,68 ± 0,054	31,26	30,48	30,47	30,78	31,13	31,21	0,362	30,89 ± 0,723	21,04	20,83	20,94 ± 0,723	13,27	9,43	3,84	1528 ± 15,3	90,28	78,72	55,85	48,39	0,103	0,099	3,00	1,62	2,31 ± 0,69
9:07:00	66,24 ± 3,3	70,14 ± 3,5	2,71 ± 0,054	31,27	30,47	30,47	30,77	31,12	31,22	0,367	30,89 ± 0,734	21,05	20,82	20,94 ± 0,734	13,28	9,44	3,84	1531 ± 15,3	90,62	78,92	55,69	48,21	0,104	0,100	3,07	1,66	2,36 ± 0,71
9:07:30	66,44 ± 3,3	69,93 ± 3,5	2,47 ± 0,049	31,27	30,47	30,48	30,77	31,12	31,22	0,365	30,89 ± 0,729	21,05	20,82	20,94 ± 0,729	13,26	9,44	3,82	1531 ± 15,3	90,79	79,09	55,58	48,14	0,095	0,092	2,81	1,53	2,17 ± 0,64
9:08:00	66,08 ± 3,3	70,28 ± 3,5	2,53 ± 0,051	31,27	30,47	30,46	30,77	31,12	31,22	0,369	30,89 ± 0,739	21,05	20,82	20,94 ± 0,739	13,27	9,44	3,83	1531 ± 15,3	90,49	78,77	55,78	48,25	0,097	0,094	2,85	1,53	2,19 ± 0,66
9:08:30	66,26 ± 3,3	69,86 ± 3,5	2,59 ± 0,052	31,27	30,46	30,47	30,76	31,10	31,22	0,367	30,88 ± 0,735	21,05	20,80	20,93 ± 0,735	13,27	9,44	3,83	1530 ± 15,3	90,61	78,90	55,53	48,07	0,099	0,096	2,94	1,59	2,27 ± 0,67
9:09:00	66,52 ± 3,3	70,50 ± 3,5	2,71 ± 0,054	31,28	30,46	30,47	30,76	31,11	31,23	0,373	30,89 ± 0,745	21,06	20,81	20,94 ± 0,745	13,28	9,45	3,83	1530 ± 15,3	90,92	79,07	55,91	48,32	0,104	0,100	3,08	1,65	2,37 ± 0,71
9:09:30	66,44 ± 3,3	70,14 ± 3,5	2,68 ± 0,054	31,29	30,48	30,48	30,78	31,12	31,24	0,370	30,90 ± 0,739	21,07	20,82	20,95 ± 0,739	13,28	9,46	3,82	1530 ± 15,3	90,88	79,09	55,74	48,22	0,103	0,099	3,05	1,65	2,35 ± 0,70
9:10:00	66,08 ± 3,3	69,96 ± 3,5	2,70 ± 0,054	31,29	30,46	30,47	30,76	31,12	31,24	0,378	30,89 ± 0,756	21,07	20,82	20,95 ± 0,756	13,26	9,46	3,80	1529 ± 15,3	90,59	78,73	55,71	48,11	0,104	0,100	3,06	1,64	2,35 ± 0,71
9:10:30	65,88 ± 3,3	70,28 ± 3,5	2,59 ± 0,052	31,29	30,47	30,47	30,77	31,13	31,24	0,376	30,90 ± 0,752	21,07	20,83	20,95 ± 0,752	13,27	9,46	3,81	1529 ± 15,3	90,41	78,61	55,87	48,26	0,099	0,096	2,92	1,55	2,23 ± 0,68
9:11:00	66,52 ± 3,3	70,28 ± 3,5	2,81 ± 0,056	31,28	30,75	30,48	31,05	31,13	31,23	0,310	30,99 ± 0,620	21,06	20,83	20,94 ± 0,620	13,27	9,45	3,82	1528 ± 15,3	90,81	79,96	55,43	48,61	0,108	0,104	3,17	1,82	2,50 ± 0,68

10:43:00	64,47 ± 3,2	70,90 ± 3,5	5,01 ± 0,100	29,76	28,98	28,96	29,28	29,61	29,71	0,361	29,38 ± 0,723	19,41	19,19	19,30 ± 0,723	16,48	11,54	4,94	1682 ± 16,8	82,52	72,03	51,01	44,10	0,188	0,181	4,56	2,46	3,51 ± 1,05
10:43:30	64,31 ± 3,2	70,72 ± 3,5	4,99 ± 0,100	29,78	28,96	28,98	29,27	29,63	29,73	0,372	29,39 ± 0,744	19,43	19,19	19,31 ± 0,744	16,47	11,56	4,91	1683 ± 16,8	82,51	71,87	51,03	44,01	0,187	0,180	4,55	2,43	3,49 ± 1,06
10:44:00	64,63 ± 3,2	71,08 ± 3,6	4,98 ± 0,100	29,77	28,97	28,97	29,27	29,62	29,72	0,367	29,39 ± 0,734	19,42	19,20	19,31 ± 0,734	16,47	11,55	4,92	1684 ± 16,8	82,71	72,11	51,15	44,16	0,187	0,180	4,55	2,44	3,49 ± 1,05
10:44:30	64,70 ± 3,2	71,28 ± 3,6	5,04 ± 0,101	29,77	28,97	28,97	29,28	29,62	29,72	0,366	29,39 ± 0,733	19,42	19,18	19,30 ± 0,733	16,48	11,55	4,93	1685 ± 16,9	82,78	72,17	51,21	44,21	0,189	0,182	4,60	2,47	3,53 ± 1,07
10:45:00	64,89 ± 3,2	70,90 ± 3,5	4,96 ± 0,099	29,77	28,97	28,97	29,26	29,62	29,72	0,368	29,39 ± 0,735	19,42	19,19	19,31 ± 0,735	16,46	11,55	4,91	1686 ± 16,9	82,94	72,28	51,06	44,08	0,186	0,179	4,56	2,46	3,51 ± 1,05
10:45:30	64,81 ± 3,2	71,09 ± 3,6	5,01 ± 0,100	29,76	28,97	28,95	29,27	29,61	29,70	0,365	29,38 ± 0,729	19,40	19,19	19,30 ± 0,729	16,47	11,53	4,94	1683 ± 16,8	82,81	72,22	51,10	44,14	0,188	0,181	4,59	2,47	3,53 ± 1,06
10:46:00	64,47 ± 3,2	71,37 ± 3,6	4,77 ± 0,095	29,76	28,98	28,96	29,27	29,61	29,71	0,362	29,38 ± 0,724	19,41	19,20	19,31 ± 0,724	16,47	11,54	4,93	1682 ± 16,8	82,52	72,02	51,24	44,28	0,179	0,173	4,32	2,32	3,32 ± 1,00
10:46:30	64,27 ± 3,2	71,28 ± 3,6	4,83 ± 0,097	29,78	28,99	28,97	29,28	29,63	29,72	0,365	29,40 ± 0,730	19,42	19,20	19,31 ± 0,730	16,48	11,55	4,93	1682 ± 16,8	82,44	71,91	51,23	44,25	0,181	0,175	4,37	2,34	3,36 ± 1,02
10:47:00	64,81 ± 3,2	70,90 ± 3,5	4,82 ± 0,096	29,76	28,99	28,97	29,27	29,61	29,72	0,359	29,39 ± 0,718	19,42	19,18	19,30 ± 0,718	16,47	11,55	4,92	1683 ± 16,8	82,81	72,30	51,00	44,11	0,181	0,174	4,42	2,40	3,41 ± 1,01
10:47:30	64,47 ± 3,2	70,69 ± 3,5	4,90 ± 0,098	29,77	28,99	28,98	29,27	29,62	29,73	0,362	29,39 ± 0,724	19,43	19,19	19,31 ± 0,724	16,47	11,56	4,91	1683 ± 16,8	82,57	72,06	50,95	44,05	0,184	0,177	4,47	2,42	3,45 ± 1,03
10:48:00	64,27 ± 3,2	71,37 ± 3,6	4,96 ± 0,099	30,05	28,98	28,98	29,28	29,90	29,73	0,470	29,49 ± 0,941	19,43	19,19	19,31 ± 0,941	16,48	11,56	4,93	1682 ± 16,8	83,69	71,48	51,89	43,71	0,186	0,180	4,70	2,27	3,49 ± 1,21
10:53:00	64,47 ± 3,2	71,37 ± 3,6	5,00 ± 0,100	29,78	28,96	28,98	29,26	29,61	29,73	0,370	29,39 ± 0,741	19,43	19,18	19,31 ± 0,741	16,47	11,56	4,91	1682 ± 16,8	82,61	71,98	51,29	44,24	0,187	0,181	4,55	2,42	3,48 ± 1,06
10:53:30	64,31 ± 3,2	71,28 ± 3,6	4,98 ± 0,100	29,76	28,98	28,97	29,28	29,63	29,71	0,362	29,39 ± 0,723	19,41	19,20	19,31 ± 0,723	16,47	11,54	4,93	1683 ± 16,8	82,41	71,94	51,20	44,25	0,187	0,180	4,50	2,41	3,46 ± 1,04
10:54:00	64,63 ± 3,2	70,90 ± 3,5	5,01 ± 0,100	29,77	28,97	28,97	29,27	29,62	29,72	0,367	29,39 ± 0,734	19,42	19,19	19,31 ± 0,734	16,48	11,55	4,93	1686 ± 16,9	82,71	72,11	51,06	44,09	0,188	0,181	4,58	2,46	3,52 ± 1,06
10:54:30	64,81 ± 3,2	70,69 ± 3,5	4,77 ± 0,095	29,77	28,97	28,98	29,27	29,62	29,72	0,365	29,39 ± 0,729	19,42	19,19	19,31 ± 0,729	16,46	11,55	4,91	1686 ± 16,9	82,86	72,26	50,95	44,02	0,179	0,172	4,38	2,37	3,38 ± 1,00
10:55:00	64,47 ± 3,2	71,05 ± 3,6	4,83 ± 0,097	29,77	28,97	28,96	29,27	29,62	29,72	0,369	29,39 ± 0,739	19,42	19,19	19,31 ± 0,739	16,47	11,55	4,92	1686 ± 16,9	82,59	71,98	51,14	44,13	0,181	0,175	4,39	2,35	3,37 ± 1,02
10:55:30	64,64 ± 3,2	70,62 ± 3,5	4,89 ± 0,098	29,77	28,96	28,97	29,26	29,60	29,72	0,367	29,38 ± 0,735	19,42	19,17	19,30 ± 0,735	16,47	11,55	4,92	1685 ± 16,9	82,70	72,09	50,91	43,95	0,183	0,177	4,48	2,42	3,45 ± 1,03
10:56:00	64,89 ± 3,2	71,26 ± 3,6	5,01 ± 0,100	29,78	28,96	28,97	29,26	29,61	29,73	0,373	29,39 ± 0,745	19,43	19,18	19,31 ± 0,745	16,48	11,56	4,92	1685 ± 16,9	82,98	72,25	51,25	44,19	0,188	0,181	4,60	2,46	3,53 ± 1,07
10:56:30	64,81 ± 3,2	70,90 ± 3,5	4,98 ± 0,100	29,79	28,98	28,98	29,28	29,62	29,74	0,370	29,40 ± 0,739	19,44	19,19	19,32 ± 0,739	16,48	11,57	4,91	1685 ± 16,9	82,94	72,26	51,11	44,10	0,187	0,180	4,58	2,46	3,52 ± 1,06
10:57:00	64,47 ± 3,2	70,72 ± 3,5	5,00 ± 0,100	29,79	28,96	28,97	29,26	29,62	29,74	0,378	29,39 ± 0,756	19,44	19,19	19,32 ± 0,756	16,46	11,57	4,89	1684 ± 16,8	82,69	71,94	51,08	43,99	0,187	0,181	4,58	2,44	3,51 ± 1,07
10:57:30	64,27 ± 3,2	71,05 ± 3,6	4,89 ± 0,098	29,79	28,97	28,97	29,27	29,63	29,74	0,376	29,40 ± 0,752	19,44	19,20	19,32 ± 0,752	16,47	11,57	4,90	1684 ± 16,8	82,53	71,83	51,22	44,13	0,183	0,177	4,45	2,35	3,40 ± 1,05
10:58:00	64,89 ± 3,2	71,05 ± 3,6	5,11 ± 0,102	29,78	29,25	28,98	29,55	29,63	29,73	0,310	29,49 ± 0,620	19,43	19,20	19,31 ± 0,620	16,47	11,56	4,91	1683 ± 16,8	82,88	73,07	50,81	44,46	0,192	0,185	4,65	2,66	3,66 ± 1,00

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CIRCULAR PROTÓTIPO			
Data:	12/03/2011		
Pressão Atmosférica	90,88 kPa		
Área do Duto	0,0484 m ²		
Velocidade exaustor:	Med		
Potência vazio	108 W		
Fator Correção Vazão	0,8229		
Temperatura da câmara	40 °C		

RESULTADO	
COP Médio	3,42 ± 0,973
COP Nominal Fabricante:	2,77
Diferença percentual	12,2%

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Máquinas Hidráulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m'_{min} \cdot (h1_{min} - h2_{max}) / Pot_{Liqmax}$
 $COP_{max} = m'_{max} \cdot (h1_{max} - h2_{min}) / Pot_{Liqmin}$
 $m'_{max} = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{max}; P)$
 $m'_{min} = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{min}; P)$
 $h_{max} = (T_{Aemax}; U_{Rmax}; P)$
 $h_{min} = (T_{Aemin}; U_{Rmin}; P)$

		Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]	Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]						Temp. Ar Saida Evaporador		Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance					
Canal		0	1	2	4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP		
Hora		UR1 ± 5%	UR2 ± 5%	Vm ± 2%								2σ							[W]	max	mín	max	mín	max	mín	max	mín	media
07:45:00		66,49 ± 3,3	70,35 ± 3,5	2,61 ± 0,052	40,66	39,86	39,87	40,16	40,51	40,61	0,365	40,28 ± 0,729	28,76	28,55	28,66 ± 0,729	15,46	10,06	5,40	1787 ± 17,9	143,19	124,16	84,30	73,29	0,104	0,100	4,28	2,41	3,35 ± 0,94
7:45:30		66,82 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,73 ± 0,055	40,68	39,88	39,87	40,18	40,53	40,63	0,369	40,30 ± 0,739	28,78	28,53	28,66 ± 0,739	15,48	10,06	5,42	1786 ± 17,9	143,91	124,65	84,40	73,31	0,109	0,105	4,53	2,55	3,54 ± 0,99
7:46:00		65,82 ± 3,3	70,46 ± 3,5	2,66 ± 0,053	40,67	39,87	39,88	40,17	40,52	40,62	0,365	40,29 ± 0,729	28,77	28,54	28,66 ± 0,729	15,47	10,07	5,40	1785 ± 17,9	142,17	123,33	84,39	73,36	0,106	0,102	4,30	2,40	3,35 ± 0,95
7:46:30		66,15 ± 3,3	70,81 ± 3,5	2,83 ± 0,057	40,67	39,87	39,86	40,17	40,52	40,62	0,369	40,29 ± 0,739	28,77	28,54	28,66 ± 0,739	15,47	10,05	5,42	1789 ± 17,9	142,75	123,70	84,71	73,56	0,113	0,109	4,59	2,55	3,57 ± 1,02
7:47:00		65,95 ± 3,3	70,81 ± 3,5	2,66 ± 0,053	40,67	39,88	39,87	40,17	40,52	40,62	0,365	40,29 ± 0,729	28,77	28,54	28,66 ± 0,729	15,47	10,06	5,41	1784 ± 17,8	142,38	123,51	84,67	73,60	0,106	0,102	4,31	2,40	3,35 ± 0,95
7:47:30		66,29 ± 3,3	70,80 ± 3,5	2,53 ± 0,051	40,65	39,88	39,87	40,15	40,50	40,61	0,358	40,28 ± 0,715	28,76	28,54	28,65 ± 0,715	15,45	10,06	5,39	1785 ± 17,9	142,75	123,97	84,58	73,63	0,101	0,097	4,11	2,31	3,21 ± 0,90
7:48:00		65,88 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,54 ± 0,051	40,66	39,85	39,88	40,16	40,51	40,61	0,365	40,28 ± 0,730	28,76	28,55	28,66 ± 0,730	15,46	10,07	5,39	1786 ± 17,9	142,21	123,36	84,36	73,34	0,101	0,098	4,11	2,29	3,20 ± 0,91
7:48:30		65,95 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,74 ± 0,055	40,67	39,86	39,88	40,17	40,52	40,63	0,369	40,29 ± 0,738	28,78	28,56	28,67 ± 0,738	15,47	10,07	5,40	1786 ± 17,9	142,44	123,46	84,75	73,60	0,109	0,105	4,43	2,46	3,45 ± 0,99
7:49:00		66,08 ± 3,3	70,35 ± 3,5	2,63 ± 0,053	40,67	39,86	39,86	40,17	40,52	40,61	0,370	40,28 ± 0,739	28,76	28,56	28,66 ± 0,739	15,47	10,05	5,42	1787 ± 17,9	142,62	123,59	84,37	73,27	0,105	0,101	4,28	2,39	3,34 ± 0,95
7:49:30		66,29 ± 3,3	70,99 ± 3,5	2,74 ± 0,055	40,68	39,86	39,87	40,18	40,53	40,62	0,372	40,29 ± 0,744	28,77	28,56	28,67 ± 0,744	15,48	10,06	5,42	1787 ± 17,9	143,04	123,88	84,93	73,70	0,109	0,105	4,46	2,47	3,47 ± 1,00
7:50:00		66,55 ± 3,3	71,35 ± 3,6	2,73 ± 0,055	40,68	39,88	39,87	40,18	40,53	40,90	0,430	40,34 ± 0,860	29,05	28,55	28,80 ± 0,860	15,48	10,06	5,42	1788 ± 17,9	144,59	123,83	86,31	74,01	0,109	0,105	4,52	2,37	3,45 ± 1,08
7:55:00		66,29 ± 3,3	70,99 ± 3,5	2,70 ± 0,054	40,66	39,88	39,86	40,17	40,53	40,61	0,364	40,29 ± 0,729	28,76	28,53	28,65 ± 0,729	15,48	10,05	5,43	1789 ± 17,9	142,90	123,94	84,77	73,68	0,108	0,104	4,39	2,45	3,42 ± 0,97
7:55:30		65,88 ± 3,3	71,35 ± 3,6	2,66 ± 0,053	40,68	39,87	39,88	40,17	40,52	40,63	0,369	40,29 ± 0,737	28,78	28,55	28,67 ± 0,737	15,46	10,07	5,39	1790 ± 17,9	142,35	123,39	85,18	73,96	0,106	0,102	4,27	2,35	3,31 ± 0,96
7:56:00		65,95 ± 3,3	70,28 ± 3,5	2,65 ± 0,053	40,67	39,87	39,87	40,18	40,52	40,62	0,366	40,29 ± 0,733	28,77	28,54	28,66 ± 0,733	15,47	10,06	5,41	1792 ± 17,9	142,41	123,49	84,26	73,23	0,106	0,102	4,29	2,40	3,35 ± 0,95
7:56:30		66,59 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,77 ± 0,055	40,67	39,88	39,87	40,16	40,53	40,62	0,367	40,29 ± 0,733	28,77	28,54	28,66 ± 0,733	15,47	10,06	5,41	1785 ± 17,9	143,45	124,33	84,55	73,47	0,110	0,107	4,56	2,55	3,56 ± 1,00
7:57:00		66,51 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,74 ± 0,055	40,68	39,86	39,88	40,17	40,51	40,62	0,368	40,29 ± 0,736	28,77	28,54	28,66 ± 0,736	15,47	10,06	5,41	1788 ± 17,9	143,32	124,20	84,39	73,32	0,109	0,105	4,50	2,52	3,51 ± 0,99
7:57:30		66,15 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,76 ± 0,055	40,68	39,87	39,88	40,17	40,52	40,60	0,363	40,29 ± 0,727	28,75	28,53	28,64 ± 0,727	15,47	10,04	5,43	1786 ± 17,9	142,68	123,78	84,57	73,53	0,110	0,106	4,49	2,51	3,50 ± 0,99
7:58:00		65,98 ± 3,3	70,35 ± 3,5	2,65 ± 0,053	40,65	39,87	39,85	40,18	40,52	40,61	0,365	40,28 ± 0,730	28,76	28,53	28,65 ± 0,730	15,48	10,05	5,43	1786 ± 17,9	142,39	123,50	84,26	73,25	0,106	0,102	4,30	2,41	3,36 ± 0,95
7:58:30		66,31 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,87 ± 0,057	40,66	39,88	39,86	40,18	40,53	40,62	0,366	40,29 ± 0,731	28,77	28,55	28,66 ± 0,731	15,49	10,06	5,43	1786 ± 17,9	142,98	123,98	84,39	73,35	0,114	0,110	4,70	2,63	3,66 ± 1,03
7:59:00		66,31 ± 3,3	70,57 ± 3,5	2,76 ± 0,055	40,66	39,87	39,86	40,16	40,52	40,62	0,368	40,28 ± 0,736	28,77	28,53	28,65 ± 0,736	15,49	10,06	5,43	1785 ± 17,9	142,97	123,91	84,48	73,39	0,110	0,106	4,52	2,52	3,52 ± 1,00
7:59:30		66,31 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,87 ± 0,057	40,66	39,87	39,86	40,17	40,52	40,63	0,369	40,29 ± 0,738	28,78	28,54	28,66 ± 0,738	15,49	10,07	5,42	1787 ± 17,9	143,00	123,91	84,71	73,56	0,114	0,110	4,68	2,61	3,64 ± 1,04
8:00:00		65,94 ± 3,3	71,06 ± 3,6	2,72 ± 0,054	40,68	39,88	39,88	40,17	40,53	40,63	0,367	40,29 ± 0,734	28,78	28,82	28,80 ± 0,734	15,48	10,07	5,42	1789 ± 17,9	142,44	123,50	85,52	74,29	0,109	0,105	4,35	2,39	3,37 ± 0,98
8:05:00		65,88 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,75 ± 0,055	40,68	39,86	39,88	40,18	40,52	40,63	0,370	40,29 ± 0,741	28,78	28,53	28,66 ± 0,741	15,46	10,07	5,39	1785 ± 17,9	142,37	123,37	84,69	73,53	0,110	0,106	4,45	2,47	3,46 ± 0,99
8:05:30		65,95 ± 3,3	70,35 ± 3,5	2,77 ± 0,055	40,67	39,88	39,86	40,16	40,52	40,62	0,368	40,29 ± 0,735	28,77	28,55	28,66 ± 0,735	15,48	10,05	5,43	1789 ± 17,9	142,40	123,45	84,35	73,29	0,110	0,107	4,49	2,50	3,50 ± 0,99
8:06:00		65,98 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,53 ± 0,051	40,67	39,87	39,87	40,17	40,53	40,62	0,368	40,29 ± 0,737	28,77	28,54	28,66 ± 0,737	15,47	10,06	5,41	1786 ± 17,9	142,49	123,51	84,39	73,31	0,101	0,097	4,11	2,29	3,20 ± 0,91
8:06:30		66,31 ± 3,3	71,10 ± 3,6	2,59 ± 0,052	40,68	39,87	39,87	40,17	40,51	40,63	0,370	40,29 ± 0,739	28,78	28,54	28,66 ± 0,739	15,47	10,06	5,41	1787 ± 17,9	143,04	123,93	84,97	73,77	0,103	0,100	4,21	2,34	3,28 ± 0,94
8:07:00		66,31 ± 3,3	71,01 ± 3,6	2,58 ± 0,052	40,66	39,87	39,87	40,17	40,52	40,61	0,363	40,28 ± 0,726	28,76	28,54	28,65 ± 0,726	15,47	10,06	5,41	1787 ± 17,9	142,91	123,98	84,80	73,73	0,103	0,099	4,19	2,34	3,27 ± 0,93
8:07:30		66,31 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,66 ± 0,053	40,67	39,85	39,87	40,17	40,52	40,62	0,372	40,28 ± 0,743	28,77	28,52	28,65 ± 0,743	15,46	10,06	5,40	1787 ± 17,9	143,02	123,87	84,55	73,39	0,106	0,102	4,35	2,42	3,39 ± 0,96
8:08:00		65,95 ± 3,3	70,46 ± 3,5	2,67 ± 0,053	40,67	39,86	39,88	40,18	40,53	40,62	0,368	40,29 ± 0,735	28,77	28,53	28,65 ± 0,735	15,46	10,07	5,39	1789 ± 17,9	142,43	123,48	84,39	73,32	0,106	0,103	4,33	2,41	3,37 ± 0,96
8:08:30		66,29 ± 3,3	70,81 ± 3,5	2,63 ± 0,053	40,68	39,87	39,89	40,19	40,53	40,63	0,366	40,30 ± 0,733	28,78	28,54	28,66 ± 0,733	15,48	10,08	5,40	1789 ± 17,9	143,02	123,99	84,71	73,60	0,105	0,101	4,28	2,39	3,34 ± 0,95
8:09:00		65,88 ± 3,3	70,81 ± 3,5	2,71 ± 0,054	40,67	39,87	39,89	40,19	40,51	40,62	0,360	40,29 ± 0,720	28,77	28,54	28,66 ± 0,720	15,46	10,08	5,38	1788 ± 17,9	142,23	123,49	84,63	73,63	0,108	0,104	4,36	2,44	3,40 ± 0,96
8:09:30		66,49 ± 3,3	70,80 ± 3,5	2,74 ± 0,055	40,67	39,88	39,89	40,19	40,52	40,62	0,359	40,30 ± 0,718	28,77	28,55	28,66 ± 0,718	15,47	10,08	5,39	1788 ± 17,9	143,22	124,33	84,63	73,65	0,109	0,105	4,48	2,52	3,50 ± 0,98
8:10:00		66,82 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,75 ± 0,055	40,68	39,88	39,88	40,18	40,52	40,63	0,366	40,29 ± 0,732	28,78	28,55	28,66 ± 0,732	15,75	10,07	5,68	1786 ± 17,9	143,86	124,68	84,40	73,35	0,110	0,106	4,56	2,57	3,56 ± 1,00
8:15:00		66,59 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,84 ± 0,057	40,67	39,87	39,86	40,16	40,53	40,62	0,371	40,29 ± 0,742	28,77	28,55	28,66 ± 0,742	15,46	10,05	5,41	1787 ± 17,9	143,48								

8:25:00	66,15 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,77 ± 0,055	40,66	39,88	39,86	40,18	40,51	40,61	0,361	40,28 ± 0,723	28,76	28,54	28,65 ± 0,723	15,48	10,05	5,43	1785 ± 17,9	142,63	123,78	84,48	73,49	0,110	0,107	4,50	2,52	3,51 ± 0,99
8:25:30	65,98 ± 3,3	70,46 ± 3,5	2,75 ± 0,055	40,68	39,86	39,88	40,17	40,53	40,63	0,372	40,29 ± 0,744	28,78	28,54	28,66 ± 0,744	15,47	10,07	5,40	1786 ± 17,9	142,56	123,48	84,47	73,33	0,110	0,106	4,47	2,49	3,48 ± 0,99
8:26:00	66,31 ± 3,3	70,81 ± 3,5	2,74 ± 0,055	40,67	39,87	39,87	40,17	40,52	40,62	0,367	40,29 ± 0,734	28,77	28,55	28,66 ± 0,734	15,47	10,06	5,41	1787 ± 17,9	142,99	123,95	84,71	73,60	0,109	0,105	4,47	2,49	3,48 ± 0,99
8:26:30	66,39 ± 3,3	71,01 ± 3,6	2,80 ± 0,056	40,67	39,87	39,87	40,18	40,52	40,62	0,366	40,29 ± 0,733	28,77	28,53	28,65 ± 0,733	15,48	10,06	5,42	1788 ± 17,9	143,11	124,07	84,83	73,70	0,112	0,108	4,56	2,54	3,55 ± 1,01
8:27:00	66,59 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,72 ± 0,054	40,67	39,87	39,87	40,16	40,52	40,62	0,368	40,29 ± 0,735	28,77	28,54	28,66 ± 0,735	15,46	10,06	5,40	1789 ± 17,9	143,44	124,30	84,56	73,46	0,108	0,105	4,47	2,50	3,48 ± 0,98
8:27:30	66,51 ± 3,3	70,82 ± 3,5	2,77 ± 0,055	40,66	39,87	39,85	40,17	40,51	40,60	0,365	40,28 ± 0,729	28,75	28,54	28,65 ± 0,729	15,47	10,04	5,43	1786 ± 17,9	143,21	124,18	84,64	73,57	0,110	0,107	4,53	2,54	3,54 ± 1,00
8:28:00	66,15 ± 3,3	71,10 ± 3,6	2,53 ± 0,051	40,66	39,88	39,86	40,17	40,51	40,61	0,362	40,28 ± 0,724	28,76	28,55	28,66 ± 0,724	15,47	10,05	5,42	1785 ± 17,9	142,63	123,77	84,88	73,81	0,101	0,097	4,10	2,28	3,19 ± 0,91
8:28:30	65,95 ± 3,3	71,01 ± 3,6	2,59 ± 0,052	40,68	39,89	39,87	40,18	40,53	40,62	0,365	40,30 ± 0,730	28,77	28,55	28,66 ± 0,730	15,48	10,06	5,42	1785 ± 17,9	142,43	123,54	84,86	73,75	0,103	0,100	4,18	2,32	3,25 ± 0,93
8:29:00	66,51 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,58 ± 0,052	40,66	39,89	39,87	40,17	40,51	40,62	0,359	40,29 ± 0,718	28,77	28,53	28,65 ± 0,718	15,47	10,06	5,41	1786 ± 17,9	143,20	124,30	84,46	73,50	0,103	0,099	4,23	2,38	3,30 ± 0,92
8:29:30	66,15 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,66 ± 0,053	40,67	39,89	39,88	40,17	40,52	40,63	0,362	40,29 ± 0,724	28,78	28,54	28,66 ± 0,724	15,47	10,07	5,40	1786 ± 17,9	142,71	123,83	84,36	73,38	0,106	0,102	4,33	2,43	3,38 ± 0,95
8:30:00	65,95 ± 3,3	71,10 ± 3,6	2,72 ± 0,054	40,95	39,88	39,88	40,18	40,80	40,63	0,470	40,39 ± 0,941	28,78	28,54	28,66 ± 0,941	15,48	10,07	5,42	1785 ± 17,9	144,48	122,84	85,83	72,99	0,108	0,105	4,57	2,34	3,45 ± 1,12
8:35:00	66,15 ± 3,3	71,10 ± 3,6	2,76 ± 0,055	40,68	39,86	39,88	40,16	40,51	40,63	0,370	40,29 ± 0,741	28,78	28,53	28,66 ± 0,741	15,47	10,07	5,40	1785 ± 17,9	142,78	123,70	84,95	73,75	0,110	0,106	4,48	2,48	3,48 ± 1,00
8:35:30	65,98 ± 3,3	71,01 ± 3,6	2,74 ± 0,055	40,66	39,88	39,87	40,18	40,53	40,61	0,362	40,29 ± 0,723	28,76	28,55	28,66 ± 0,723	15,47	10,05	5,42	1786 ± 17,9	142,39	123,59	84,81	73,76	0,109	0,105	4,42	2,46	3,44 ± 0,98
8:36:00	66,31 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,77 ± 0,055	40,67	39,87	39,87	40,17	40,52	40,62	0,367	40,29 ± 0,734	28,77	28,54	28,66 ± 0,734	15,48	10,06	5,42	1789 ± 17,9	142,99	123,95	84,55	73,46	0,110	0,107	4,52	2,52	3,52 ± 1,00
8:36:30	66,51 ± 3,3	70,42 ± 3,5	2,53 ± 0,051	40,67	39,87	39,88	40,17	40,52	40,62	0,365	40,29 ± 0,729	28,77	28,54	28,66 ± 0,729	15,46	10,06	5,40	1789 ± 17,9	143,29	124,25	84,36	73,34	0,101	0,097	4,15	2,33	3,24 ± 0,91
8:37:00	66,15 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,59 ± 0,052	40,67	39,87	39,86	40,17	40,52	40,62	0,369	40,29 ± 0,739	28,77	28,54	28,66 ± 0,739	15,47	10,06	5,41	1789 ± 17,9	142,75	123,70	84,69	73,54	0,103	0,100	4,21	2,34	3,27 ± 0,93
8:37:30	66,33 ± 3,3	70,35 ± 3,5	2,65 ± 0,053	40,67	39,86	39,87	40,16	40,50	40,62	0,367	40,28 ± 0,735	28,77	28,52	28,65 ± 0,735	15,47	10,06	5,41	1788 ± 17,9	142,97	123,93	84,28	73,24	0,106	0,102	4,34	2,43	3,38 ± 0,95
8:38:00	66,59 ± 3,3	70,99 ± 3,5	2,77 ± 0,055	40,68	39,86	39,87	40,16	40,51	40,63	0,373	40,29 ± 0,745	28,78	28,53	28,66 ± 0,745	15,48	10,07	5,41	1788 ± 17,9	143,50	124,24	84,89	73,66	0,110	0,107	4,54	2,52	3,53 ± 1,01
8:38:30	66,51 ± 3,3	70,64 ± 3,5	2,74 ± 0,055	40,69	39,88	39,88	40,18	40,52	40,64	0,370	40,30 ± 0,739	28,79	28,54	28,67 ± 0,739	15,48	10,08	5,40	1788 ± 17,9	143,42	124,25	84,62	73,48	0,109	0,105	4,50	2,51	3,51 ± 0,99
8:39:00	66,15 ± 3,3	70,46 ± 3,5	2,76 ± 0,055	40,69	39,86	39,87	40,16	40,52	40,64	0,378	40,29 ± 0,756	28,79	28,54	28,67 ± 0,756	15,46	10,08	5,38	1787 ± 17,9	142,90	123,63	84,54	73,30	0,110	0,106	4,51	2,50	3,50 ± 1,01
8:39:30	65,95 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,65 ± 0,053	40,69	39,87	39,87	40,17	40,53	40,64	0,376	40,30 ± 0,752	28,79	28,55	28,67 ± 0,752	15,47	10,08	5,39	1787 ± 17,9	142,58	123,41	84,81	73,55	0,106	0,102	4,30	2,37	3,33 ± 0,96
8:40:00	66,59 ± 3,3	70,78 ± 3,5	2,87 ± 0,057	40,68	40,15	39,88	40,45	40,53	40,63	0,310	40,39 ± 0,620	28,78	28,55	28,66 ± 0,620	15,47	10,07	5,40	1786 ± 17,9	143,34	125,56	84,21	74,02	0,114	0,110	4,68	2,75	3,71 ± 0,97

TROCADOR ANALISADO: EVAPORADOR CIRCULAR PROTÓTIPO			
Data:	12/03/2011	RESULTADO	
Pressão Atmosférica	90,88 kPa	COP Médio 5,18 ± 1,583	
Área do Duto	0,0484 m²	COP Nominal Fabricante: 2,77	
Velocidade exaustor:	High	Diferença percentual 10,7%	
Potência vazão	119 W		
Fator Correção Vazão	0,8		
Temperatura da câmara	40 °C		

Universidade Federal do Paraná	
Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica	
Análise Experimental em câmara climatizada -Laboratório Maquinas Hidráulicas	
Dissertação de Mestrado:	
Comparação de Desempenho e aplicação de trocadores de calor de tubos Elípticos aletados, otimizados globalmente, empregados em sistemas de Climatização	
por: Marcos Antonio Rossetim	

$COP_{min} = m \cdot \min(h1_{min} - h2_{max}) / Pot_{Liqmax}$
 $COP_{max} = m \cdot \max(h1_{max} - h2_{min}) / Pot_{Liqmin}$
 $m \cdot \max = A \cdot V_{max} \cdot v_{min}(T_{min}; U_{max}; P)$
 $m \cdot \min = A \cdot V_{min} \cdot v_{max}(T_{max}; U_{min}; P)$
 $h_{max} = (TA_{emax}; UR_{max}; P)$
 $h_{min} = (TA_{emin}; UR_{min}; P)$

		Umidade relativa [%]		Velocidade [m/s]	Temp. Ar Entrada Evaporador [°C]							Temp. Ar Saida Evaporador			Temp fluido Refrig [°C]			Potencia total	Entalpia [kJ/kg]				Vazão Mássica		Coeficiente de Performance							
Canal	Hora	0		1		2		4	5	6	7	8	9	DesvPad	média	10	11	média	12	13	Variaç.	Visual	h1		h2		m'		COP			
		UR1	± 5%	UR2	± 5%	Vm ± 2%		TAE1							σ	2σ	TAe2 [°C]		2σ	TFe1	TFe2		[W]	max	mín	max	mfn	max	mfn	max	mín	media
09:04:00		66,49 ± 3,3		70,35 ± 3,5		4,79 ± 0,096		40,66	39,86	39,87	40,16	40,51	40,61	0,365	40,28 ± 0,729	29,53	29,32	29,43 ± 0,729	18,98	14,37	4,61	1964 ± 19,6	143,19	124,16	87,67	76,22	0,186	0,180	6,69	3,59	5,14 ± 1,55	
9:04:30		66,82 ± 3,3		70,42 ± 3,5		4,91 ± 0,098		40,68	39,88	39,87	40,18	40,53	40,63	0,369	40,30 ± 0,739	29,55	29,30	29,43 ± 0,739	19,00	14,37	4,63	1963 ± 19,6	143,91	124,65	87,78	76,24	0,191	0,184	6,94	3,73	5,33 ± 1,60	
9:05:00		65,82 ± 3,3		70,46 ± 3,5		4,84 ± 0,097		40,67	39,87	39,88	40,17	40,52	40,62	0,365	40,29 ± 0,729	29,54	29,31	29,43 ± 0,729	18,99	14,38	4,61	1962 ± 19,6	142,17	123,33	87,77	76,30	0,188	0,182	6,66	3,54	5,10 ± 1,56	
9:05:30		66,15 ± 3,3		70,81 ± 3,5		5,01 ± 0,100		40,67	39,87	39,86	40,17	40,52	40,62	0,369	40,29 ± 0,739	29,54	29,31	29,43 ± 0,739	18,99	14,36	4,63	1966 ± 19,7	142,75	123,70	88,10	76,51	0,195	0,188	6,92	3,66	5,29 ± 1,63	
9:06:00		65,95 ± 3,3		70,81 ± 3,5		4,84 ± 0,097		40,67	39,88	39,87	40,17	40,52	40,62	0,365	40,29 ± 0,729	29,54	29,31	29,43 ± 0,729	18,99	14,37	4,62	1961 ± 19,6	142,38	123,51	88,06	76,54	0,188	0,182	6,66	3,53	5,10 ± 1,56	
9:06:30		66,29 ± 3,3		70,80 ± 3,5		4,71 ± 0,094		40,65	39,88	39,87	40,15	40,50	40,61	0,358	40,28 ± 0,715	29,53	29,31	29,42 ± 0,715	18,97	14,37	4,60	1962 ± 19,6	142,75	123,97	87,97	76,57	0,183	0,177	6,51	3,49	5,00 ± 1,51	
9:07:00		65,88 ± 3,3		70,42 ± 3,5		4,72 ± 0,094		40,66	39,85	39,88	40,16	40,51	40,61	0,365	40,28 ± 0,730	29,53	29,32	29,43 ± 0,730	18,98	14,38	4,60	1963 ± 19,6	142,21	123,36	87,74	76,27	0,184	0,177	6,50	3,46	4,98 ± 1,52	
9:07:30		65,95 ± 3,3		70,78 ± 3,5		4,92 ± 0,098		40,67	39,86	39,88	40,17	40,52	40,63	0,369	40,29 ± 0,738	29,55	29,33	29,44 ± 0,738	18,99	14,38	4,61	1963 ± 19,6	142,44	123,46	88,14	76,55	0,191	0,185	6,77	3,58	5,17 ± 1,60	
9:08:00		66,08 ± 3,3		70,35 ± 3,5		4,81 ± 0,096		40,67	39,86	39,86	40,17	40,52	40,61	0,370	40,28 ± 0,739	29,53	29,33	29,43 ± 0,739	18,99	14,36	4,63	1964 ± 19,6	142,62	123,59	87,74	76,21	0,187	0,181	6,66	3,55	5,11 ± 1,56	
9:08:30		66,29 ± 3,3		70,99 ± 3,5		4,92 ± 0,098		40,68	39,86	39,87	40,18	40,53	40,62	0,372	40,29 ± 0,744	29,54	29,33	29,44 ± 0,744	19,00	14,37	4,63	1964 ± 19,6	143,04	123,88	88,33	76,65	0,191	0,185	6,82	3,60	5,21 ± 1,61	
9:09:00		66,55 ± 3,3		71,35 ± 3,6		4,91 ± 0,098		40,68	39,88	39,87	40,18	40,53	40,90	0,430	40,34 ± 0,860	29,82	29,32	29,57 ± 0,860	19,00	14,37	4,63	1965 ± 19,7	144,59	123,83	89,77	76,97	0,191	0,185	6,93	3,44	5,18 ± 1,74	
9:14:00		66,29 ± 3,3		70,99 ± 3,5		4,88 ± 0,098		40,66	39,88	39,86	40,17	40,53	40,61	0,364	40,29 ± 0,729	29,53	29,30	29,42 ± 0,729	19,00	14,36	4,64	1966 ± 19,7	142,90	123,94	88,17	76,63	0,190	0,183	6,74	3,59	5,16 ± 1,58	
9:14:30		65,88 ± 3,3		71,35 ± 3,6		4,84 ± 0,097		40,68	39,87	39,88	40,17	40,52	40,63	0,369	40,29 ± 0,737	29,55	29,32	29,44 ± 0,737	18,98	14,38	4,60	1967 ± 19,7	142,35	123,39	88,60	76,93	0,188	0,182	6,60	3,46	5,03 ± 1,57	
9:15:00		65,95 ± 3,3		70,28 ± 3,5		4,83 ± 0,097		40,67	39,87	39,87	40,18	40,52	40,62	0,366	40,29 ± 0,733	29,54	29,31	29,43 ± 0,733	18,99	14,37	4,62	1969 ± 19,7	142,41	123,49	87,63	76,16	0,188	0,181	6,66	3,55	5,10 ± 1,55	
9:15:30		66,59 ± 3,3		70,64 ± 3,5		4,95 ± 0,099		40,67	39,88	39,87	40,16	40,53	40,62	0,367	40,29 ± 0,733	29,54	29,31	29,43 ± 0,733	18,99	14,37	4,62	1962 ± 19,6	143,45	124,33	87,93	76,41	0,193	0,186	6,93	3,71	5,32 ± 1,61	
9:16:00		66,51 ± 3,3		70,42 ± 3,5		4,92 ± 0,098		40,68	39,86	39,88	40,17	40,51	40,62	0,368	40,29 ± 0,736	29,54	29,31	29,43 ± 0,736	18,99	14,37	4,62	1965 ± 19,7	143,32	124,20	87,76	76,25	0,191	0,185	6,88	3,68	5,28 ± 1,60	
9:16:30		66,15 ± 3,3		70,78 ± 3,5		4,94 ± 0,099		40,68	39,87	39,88	40,17	40,52	40,60	0,363	40,29 ± 0,727	29,52	29,30	29,41 ± 0,727	18,99	14,35	4,64	1963 ± 19,6	142,68	123,78	87,96	76,47	0,192	0,185	6,83	3,64	5,23 ± 1,59	
9:17:00		65,98 ± 3,3		70,35 ± 3,5		4,83 ± 0,097		40,65	39,87	39,85	40,18	40,52	40,61	0,365	40,28 ± 0,730	29,53	29,30	29,42 ± 0,730	19,00	14,36	4,64	1963 ± 19,6	143,29	123,50	87,63	76,18	0,188	0,181	6,67	3,56	5,12 ± 1,56	
9:17:30		66,31 ± 3,3		70,42 ± 3,5		5,05 ± 0,101		40,66	39,88	39,86	40,18	40,53	40,62	0,366	40,29 ± 0,731	29,54	29,32	29,43 ± 0,731	19,01	14,37	4,64	1963 ± 19,6	142,98	123,98	87,77	76,29	0,196	0,190	7,03	3,76	5,40 ± 1,63	
9:18:00		66,31 ± 3,3		70,57 ± 3,5		4,94 ± 0,099		40,66	39,87	39,86	40,16	40,52	40,62	0,368	40,28 ± 0,736	29,54	29,30	29,42 ± 0,736	19,01	14,37	4,64	1962 ± 19,6	142,97	123,91	87,86	76,33	0,192	0,185	6,88	3,67	5,27 ± 1,60	
9:18:30		66,31 ± 3,3		70,78 ± 3,5		5,05 ± 0,101		40,66	39,87	39,86	40,17	40,52	40,63	0,369	40,29 ± 0,738	29,55	29,31	29,43 ± 0,738	19,01	14,38	4,63	1964 ± 19,6	143,00	123,91	88,10	76,51	0,196	0,190	7,01	3,72	5,36 ± 1,64	
9:19:00		65,94 ± 3,3		71,06 ± 3,6		4,90 ± 0,098		40,68	39,88	39,88	40,17	40,53	40,63	0,367	40,29 ± 0,734	29,55	29,59	29,57 ± 0,734	19,00	14,38	4,63	1966 ± 19,7	142,44	123,50	88,94	77,26	0,191	0,184	6,66	3,48	5,07 ± 1,59	
9:24:00		65,88 ± 3,3		70,78 ± 3,5		4,93 ± 0,099		40,68	39,86	39,88	40,18	40,52	40,63	0,370	40,29 ± 0,741	29,55	29,30	29,43 ± 0,741	18,98	14,38	4,60	1962 ± 19,6	142,37	123,37	88,09	76,48	0,192	0,185	6,79	3,58	5,18 ± 1,60	
9:24:30		65,95 ± 3,3		70,35 ± 3,5		4,95 ± 0,099		40,67	39,88	39,86	40,16	40,52	40,62	0,368	40,29 ± 0,735	29,54	29,32	29,43 ± 0,735	19,00	14,36	4,64	1966 ± 19,7	142,40	123,45	87,72	76,22	0,193	0,186	6,83	3,63	5,23 ± 1,60	
9:25:00		65,98 ± 3,3		70,42 ± 3,5		4,71 ± 0,094		40,67	39,87	39,87	40,17	40,53	40,62	0,368	40,29 ± 0,737	29,54	29,31	29,43 ± 0,737	18,99	14,37	4,62	1963 ± 19,6	142,49	123,51	87,77	76,25	0,183	0,177	6,51	3,46	4,99 ± 1,52	
9:25:30		66,31 ± 3,3		71,10 ± 3,6		4,77 ± 0,095		40,68	39,87	39,87	40,17	40,51	40,63	0,370	40,29 ± 0,739	29,55	29,31	29,43 ± 0,739	18,99	14,37	4,62	1964 ± 19,6	143,04	123,93	88,37	76,73	0,186	0,179	6,60	3,49	5,04 ± 1,56	
9:26:00		66,31 ± 3,3		71,01 ± 3,6		4,76 ± 0,095		40,66	39,87	39,87	40,17	40,52	40,61	0,363	40,28 ± 0,726	29,53	29,31	29,42 ± 0,726	18,99	14,37	4,62	1964 ± 19,6	142,91	123,98	88,20	76,68	0,185	0,179	6,58	3,50	5,04 ± 1,54	
9:26:30		66,31 ± 3,3		70,64 ± 3,5		4,84 ± 0,097		40,67	39,85	39,87	40,17	40,52	40,62	0,372	40,28 ± 0,743	29,54	29,29	29,42 ± 0,743	18,98	14,37	4,61	1964 ± 19,6	143,02	123,87	87,93	76,33	0,188	0,182	6,73	3,58	5,16 ± 1,58	
9:27:00		65,95 ± 3,3		70,46 ± 3,5		4,85 ± 0,097		40,67	39,86	39,88	40,18	40,53	40,62	0,368	40,29 ± 0,735	29,54	29,30	29,42 ± 0,735	18,98	14,38	4,60	1966 ± 19,7	142,43	123,48	87,77	76,26	0,189	0,182	6,69	3,56	5,12 ± 1,57	
9:27:30		66,29 ± 3,3		70,81 ± 3,5		4,81 ± 0,096		40,68	39,87	39,89	40,19	40,53	40,63	0,366	40,30 ± 0,733	29,55	29,31	29,43 ± 0,733	19,00	14,39	4,61	1966 ± 19,7	143,02	123,99	88,10	76,55	0,187	0,181	6,66	3,55	5,11 ± 1,56	
9:28:00		65,88 ± 3,3		70,81 ± 3,5		4,89 ± 0,098		40,67	39,87	39,89	40,19	40,51	40,62	0,360	40,29 ± 0,720	29,54	29,31	29,43 ± 0,720	18,98	14,39	4,59	1965 ± 19,7	142,23	123,49	88,02	76,58	0,190	0,184	6,70	3,57	5,13 ± 1,57	
9:28:30		66,49 ± 3,3		70,80 ± 3,5		4,92 ± 0,098		40,67	39,88	39,89	40,19	40,52	40,62	0,359	40,30 ± 0,718	29,54	29,32	29,43 ± 0,718	18,99	14,39	4,60	1965 ± 19,7	143,22	124,33	88,03	76,60	0,191	0,185	6,84	3,67	5,25 ± 1,58	
9:29:00		66,82 ± 2																														

9:44:00	66,15 ± 3,3	70,64 ± 3,5	4,95 ± 0,099	40,66	39,88	39,86	40,18	40,51	40,61	0,361	40,28 ± 0,723	29,53	29,31	29,42 ± 0,723	19,00	14,36	4,64	1962 ± 19,6	142,63	123,78	87,86	76,43	0,193	0,186	6,84	3,66	5,25 ± 1,59
9:44:30	65,98 ± 3,3	70,46 ± 3,5	4,93 ± 0,099	40,68	39,86	39,88	40,17	40,53	40,63	0,372	40,29 ± 0,744	29,55	29,31	29,43 ± 0,744	18,99	14,38	4,61	1963 ± 19,6	142,56	123,48	87,85	76,26	0,192	0,185	6,82	3,61	5,22 ± 1,60
9:45:00	66,31 ± 3,3	70,81 ± 3,5	4,92 ± 0,098	40,67	39,87	39,87	40,17	40,52	40,62	0,367	40,29 ± 0,734	29,54	29,32	29,43 ± 0,734	18,99	14,37	4,62	1964 ± 19,6	142,99	123,95	88,10	76,54	0,191	0,185	6,82	3,63	5,22 ± 1,60
9:45:30	66,39 ± 3,3	71,01 ± 3,6	4,98 ± 0,100	40,67	39,87	39,87	40,18	40,52	40,62	0,366	40,29 ± 0,733	29,54	29,30	29,42 ± 0,733	19,00	14,37	4,63	1965 ± 19,7	143,11	124,07	88,23	76,65	0,194	0,187	6,90	3,67	5,29 ± 1,62
9:46:00	66,59 ± 3,3	70,64 ± 3,5	4,90 ± 0,098	40,67	39,87	39,87	40,16	40,52	40,62	0,368	40,29 ± 0,735	29,54	29,31	29,43 ± 0,735	18,98	14,37	4,61	1966 ± 19,7	143,44	124,30	87,94	76,40	0,191	0,184	6,85	3,66	5,25 ± 1,59
9:46:30	66,51 ± 3,3	70,82 ± 3,5	4,95 ± 0,099	40,66	39,87	39,85	40,17	40,51	40,60	0,365	40,28 ± 0,729	29,52	29,31	29,42 ± 0,729	18,99	14,35	4,64	1963 ± 19,6	143,21	124,18	88,03	76,51	0,193	0,186	6,89	3,68	5,29 ± 1,60
9:47:00	66,15 ± 3,3	71,10 ± 3,6	4,71 ± 0,094	40,66	39,88	39,86	40,17	40,51	40,61	0,362	40,28 ± 0,724	29,53	29,32	29,43 ± 0,724	18,99	14,36	4,63	1962 ± 19,6	142,63	123,77	88,28	76,77	0,183	0,177	6,48	3,44	4,96 ± 1,52
9:47:30	65,95 ± 3,3	71,01 ± 3,6	4,77 ± 0,095	40,68	39,89	39,87	40,18	40,53	40,62	0,365	40,30 ± 0,730	29,54	29,32	29,43 ± 0,730	19,00	14,37	4,63	1962 ± 19,6	142,43	123,54	88,26	76,70	0,186	0,179	6,55	3,46	5,01 ± 1,54
9:48:00	66,51 ± 3,3	70,64 ± 3,5	4,76 ± 0,095	40,66	39,89	39,87	40,17	40,51	40,62	0,359	40,29 ± 0,718	29,54	29,30	29,42 ± 0,718	18,99	14,37	4,62	1963 ± 19,6	143,20	124,30	87,84	76,45	0,185	0,179	6,63	3,57	5,10 ± 1,53
9:48:30	66,15 ± 3,3	70,42 ± 3,5	4,84 ± 0,097	40,67	39,89	39,88	40,17	40,52	40,63	0,362	40,29 ± 0,724	29,55	29,31	29,43 ± 0,724	18,99	14,38	4,61	1963 ± 19,6	142,71	123,83	87,73	76,31	0,188	0,182	6,71	3,59	5,15 ± 1,56
9:49:00	65,95 ± 3,3	71,10 ± 3,6	4,90 ± 0,098	40,95	39,88	39,88	40,18	40,80	40,63	0,470	40,39 ± 0,941	29,55	29,31	29,43 ± 0,941	19,00	14,38	4,63	1962 ± 19,6	144,48	122,84	89,26	75,92	0,190	0,184	7,01	3,39	5,20 ± 1,81
9:54:00	66,15 ± 3,3	71,10 ± 3,6	4,94 ± 0,099	40,68	39,86	39,88	40,16	40,51	40,63	0,370	40,29 ± 0,741	29,55	29,30	29,43 ± 0,741	18,99	14,38	4,61	1962 ± 19,6	142,78	123,70	88,36	76,70	0,192	0,185	6,82	3,60	5,21 ± 1,61
9:54:30	65,98 ± 3,3	71,01 ± 3,6	4,92 ± 0,098	40,66	39,88	39,87	40,18	40,53	40,61	0,362	40,29 ± 0,723	29,53	29,32	29,43 ± 0,723	18,99	14,36	4,63	1963 ± 19,6	142,39	123,59	88,21	76,71	0,191	0,185	6,75	3,58	5,17 ± 1,58
9:55:00	66,31 ± 3,3	70,64 ± 3,5	4,95 ± 0,099	40,67	39,87	39,87	40,17	40,52	40,62	0,367	40,29 ± 0,734	29,54	29,31	29,43 ± 0,734	19,00	14,37	4,63	1966 ± 19,7	142,99	123,95	87,94	76,41	0,193	0,186	6,87	3,66	5,27 ± 1,60
9:55:30	66,51 ± 3,3	70,42 ± 3,5	4,71 ± 0,094	40,67	39,87	39,88	40,17	40,52	40,62	0,365	40,29 ± 0,729	29,54	29,31	29,43 ± 0,729	18,98	14,37	4,61	1966 ± 19,7	143,29	124,25	87,74	76,27	0,183	0,177	6,58	3,53	5,06 ± 1,52
9:56:00	66,15 ± 3,3	70,78 ± 3,5	4,77 ± 0,095	40,67	39,87	39,86	40,17	40,52	40,62	0,369	40,29 ± 0,739	29,54	29,31	29,43 ± 0,739	18,99	14,37	4,62	1966 ± 19,7	142,75	123,70	88,08	76,49	0,186	0,179	6,59	3,49	5,04 ± 1,55
9:56:30	66,33 ± 3,3	70,35 ± 3,5	4,83 ± 0,097	40,67	39,86	39,87	40,16	40,50	40,62	0,367	40,28 ± 0,735	29,54	29,29	29,42 ± 0,735	18,99	14,37	4,62	1965 ± 19,7	142,97	123,93	87,65	76,17	0,188	0,181	6,73	3,60	5,16 ± 1,56
9:57:00	66,59 ± 3,3	70,99 ± 3,5	4,95 ± 0,099	40,68	39,86	39,87	40,16	40,51	40,63	0,373	40,29 ± 0,745	29,55	29,30	29,43 ± 0,745	19,00	14,38	4,62	1965 ± 19,7	143,50	124,24	88,29	76,61	0,193	0,186	6,91	3,66	5,28 ± 1,62
9:57:30	66,51 ± 3,3	70,64 ± 3,5	4,92 ± 0,098	40,69	39,88	39,88	40,18	40,52	40,64	0,370	40,30 ± 0,739	29,56	29,31	29,44 ± 0,739	19,00	14,39	4,61	1965 ± 19,7	143,42	124,25	88,00	76,42	0,191	0,185	6,87	3,67	5,27 ± 1,60
9:58:00	66,15 ± 3,3	70,46 ± 3,5	4,94 ± 0,099	40,69	39,86	39,87	40,16	40,52	40,64	0,378	40,29 ± 0,756	29,56	29,31	29,44 ± 0,756	18,98	14,39	4,59	1964 ± 19,6	142,90	123,63	87,93	76,24	0,192	0,185	6,87	3,63	5,25 ± 1,62
9:58:30	65,95 ± 3,3	70,78 ± 3,5	4,83 ± 0,097	40,69	39,87	39,87	40,17	40,53	40,64	0,376	40,30 ± 0,752	29,56	29,32	29,44 ± 0,752	18,99	14,39	4,60	1964 ± 19,6	142,58	123,41	88,21	76,49	0,188	0,181	6,66	3,50	5,08 ± 1,58
9:59:00	66,59 ± 3,3	70,78 ± 3,5	5,05 ± 0,101	40,68	40,15	39,88	40,45	40,53	40,63	0,310	40,39 ± 0,620	29,55	29,32	29,43 ± 0,620	18,99	14,38	4,61	1963 ± 19,6	143,34	125,56	87,58	76,98	0,197	0,189	7,00	3,94	5,47 ± 1,53